



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ**

INSTITUTE OF TECHNOLOGY BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

**VÝVOJ SPECIÁLNÍCH OCHRANNÝCH HMOT PRO  
HYGIENCKY ČISTÉ PROVOZY**

DEVELOPMENT OF SPECIAL PROTECTIVE MATERIALS FOR HYGIENICALLY CLEAN PLANTS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. František Seják**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA**

**BRNO 2017**





## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
PRACOVISŤE	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. František Seják
NÁZEV	Vývoj speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] JANČÁR, J. Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2003 [cit. 2014-12-02]. ISBN 8021424435.
- [2] Lansdown, Alan B. G.: Silver in health care: Antimicrobial effect and safety data use. Current problems in dermatology, 2006. vol. 33, pp. 17-34. ISSN 0070-2064.
- [3] ČSN EN ISO 20645
- [5] Další normy a předpisy zabývající se zkoušením polymerních materiálů a vlastností ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy.
- [6] Další vědecké a odborné publikace zabývající se experimentálním zkoušením polymerních kotvicích hmot.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Hlavním cílem diplomové práce je vyvinout speciální ochranné hmoty na polymerní bázi využitelné pro hygienicky čisté provozy ve dvou kvalitativních úrovních (economy, premium). Záměrem je vyvinutí fyziologicky nezávadného polymerního materiálu - economy, vhodného např. pro vnitřní antikorozi a izolační ochranu kovových a betonových vodojemů, zásobníků na pivo, víno a poživatiny. Druhý, premiumový materiál bude antibakteriální, vhodný především pro nátěr podlah nemocnic, kuchyní, sociálních zařízení, škol a školek atd. Dílčím cílem práce bude prozkoumání možnosti využití některých typů speciálně upravených druhotných surovin a tím snížení výrobních nákladů uvedených hmot.

1. V teoretické části zpracujte doposud získané poznatky z oblasti ochranných polymerních hmot pro hygienicky čisté provozy a uveďte možnosti využití druhotných surovin jako plniv. Shrňte požadavky na fyziologicky nezávadné a antibakteriální hmoty a postupy jejich zkoušení.
2. Vypracujte metodiku zkoušení speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy. V návaznosti na identifikaci prostředí využití těchto materiálů optimalizujte vstupní suroviny (plniva a polymerní pojiva) a navrhnete základní receptury.
3. Dle navržené metodiky zkoušení experimentálně prověřte ověření vlastností navržených receptur a na základě vyhodnocení a optimalizace výsledků podrobně nejlepší receptury pokročilejšímu zkoušení.
4. Provedte optimalizaci výsledků pokročilejšího testování a výběr nejúspěšnějších receptur a porovnání vyvinutých speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy s jinými v současnosti využívanými v praxi.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
**prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA**

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vývojem speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy. Hlavním cílem práce je vyvinout speciální ochranné hmoty na polymerní bázi využitelné pro hygienicky čisté provozy ve dvou kvalitativních úrovních (economy a premium). První z vyvíjených polymerních ochranných hmot je fyziologicky nezávadný (economy) – vhodný pro styk s poživatinami. Druhý, prémiový materiál je antibakteriální, vhodný především jako nátěr na podlahy nemocnic, kuchyní, sociálních zařízení, škol a školek atd. Dílčím cílem je nahrazení v současnosti využívaných primárních surovin jako plniv vhodnými druhotnými surovinami.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Hygienicky čistý provoz, chemická odolnost, antibakteriální účinek, pevnost, plniva, přilnavost, druhotná surovina, odpadní sklo.

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the development of special protective materials for hygienically clean plants. The main aim of the thesis is to develop a special protective material on a polymer base usable for hygienically clean industrial plants in two quality levels (economy and premium). The first of the developed polymer protective materials is physiologically harmless (economy) – suitable for contact with eatables. Second, premium material is antibacterial, especially suitable as a floor coating in hospitals, kitchens, sanitary facilities, schools and kindergarten etc. A partial aim is the replacement currently used primary raw materials as fillers by suitable secondary raw material.

## **KEYWORDS**

Hygienically clean plant, chemical resistance, antibacterial effects, strength, fillers, adhesion, secondary raw material, waste glass.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

SEJÁK, František. *Vývoj speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy*. Brno, 2017. 91 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie hmot a stavebních hmot a dílců. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA.





## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE VŠKP

### Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2017

.....

podpis autora  
František Seják



# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2017

.....

podpis autora  
František Seják



**Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval prof. Ing. Rostislavu Drochytkoví, CSc., MBA, jako vedoucímu mé diplomové práce za odborné vedení a přínosné rady. Zároveň bych velmi rád poděkoval Ing. Janě Hodné, Ph.D a Ing. Jakubu Hodulovi za vstřícný, kolegiální a odborný přístup.

Diplomová práce byla vytvořena v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I" a projektu "TA04010425 - Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy" podporovaného Technologickou agenturou ČR.

František Seják



# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Teoretická část .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Definice a pojmy .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Ochranné polymerní hmoty .....</b>	<b>19</b>
2.2.1. Rešerše používaných ochranných polymerních hmot pro hygienicky čisté provozy .....	19
2.2.2. Plniva používané do ochranných polymerních hmot .....	20
<b>2.3. Antibakteriální účinek.....</b>	<b>21</b>
2.3.1. Legislativní předpisy pro hygienicky čisté průmyslové provozy .....	23
2.3.2. Běžně se vyskytující bakteriální kmeny .....	24
<b>2.4. Epoxidové pryskyřice .....</b>	<b>26</b>
2.4.1. Výroba epoxidových pryskyřic.....	27
2.4.2. Vytvrzování epoxidových pryskyřic (EP) .....	28
2.4.3. Rozpouštědla v epoxidových pryskyřicích .....	30
2.4.4. Bezrozpouštědlové epoxidové pryskyřice .....	31
2.4.5. Vodouředitelné epoxidové pryskyřice .....	31
<b>2.5. Požadavky na fyziologicky nezávadné a antibakteriální ochranné hmoty do hygienicky čistých provozů. ....</b>	<b>31</b>
<b>2.6. Požadavky na průmyslové podlahy v hygienicky čistých provozech.....</b>	<b>32</b>
<b>2.7. Požadavky na podkladové vrstvy.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8. Popis zkoušek prováděných v rámci praktické části .....</b>	<b>34</b>
2.8.1. Aplikační test.....	35
2.8.2. Zkoušení vzorků v čerstvém stavu.....	36
2.8.3. Zkoušení vzorků ve zpolymerizovaném stavu .....	38
2.8.4. Doplnkové zkoušky.....	39
<b>3. Cíl práce .....</b>	<b>42</b>
<b>4. Metodika práce .....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Etapa 1.....	43
4.1.2. Etapa 2.....	44
4.1.3. Etapa 3.....	45
<b>5. Praktická část .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1. Etapa 1: Návrh receptur fyziologicky nezávadné hmoty (ECONOMY) a antibakteriální hmoty (PREMIUM) .....</b>	<b>46</b>
5.1.1. Fyziologicky nezávadná hmota ECONOMY.....	47
5.1.2. Antibakteriální hmota PREMIUM .....	47

5.1.3.	Popis jednotlivých složek vyvíjených hmot .....	48
<b>5.2.</b>	<b>Etapa 2: Návrh metodiky zkoušení a laboratorní prověření navržených receptur.....</b>	<b>56</b>
5.2.1.	Návrh metodiky zkoušení.....	56
5.2.2.	Příprava hmot.....	57
5.2.3.	Aplikační test .....	58
5.2.4.	Zkoušení vzorků v čerstvém stavu.....	63
5.2.5.	Zkoušení vzorků ve zpolymerizovaném stavu .....	67
5.2.6.	Doplňkové zkoušky.....	75
<b>5.3.</b>	<b>Etapa 3: Optimalizace a výběr nejlepších vzorků.....</b>	<b>80</b>
5.3.1.	Optimalizace.....	80
5.3.2.	Porovnání vyvinutých speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy s jinými v současnosti využívanými v praxi .....	82
<b>6.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>84</b>
<b>7.</b>	<b>Seznamy.....</b>	<b>86</b>
7.1.	Seznam použitých zdrojů .....	86
7.2.	Seznam tabulek .....	88
7.3.	Seznam grafů .....	89
7.4.	Seznam obrázků.....	89



## 1. ÚVOD

Hygienicky čisté provozy lze definovat jako provozy, ve kterých musí být dodrženy zvýšené požadavky na hygienu a je kladen zvýšený důraz na čistotu. Typickými zástupci jsou zdravotnické provozy a laboratoře, výroba polovodičů, nanotechnologie, farmaceutický průmysl, nicméně tyto provozy již nejsou vyžadovány pouze v laboratorních podmínkách, ale čím dál častěji nacházejí uplatnění taky v průmyslové výrobě. Díky hygienicky čistým provozům se daří plnit rostoucí požadavky na nezávadnost, kvalitu výrobků a poskytovaných služeb v nemocnicích, farmaceutickém a potravinářském průmyslu a jiných oblastech. [1]

Kvalita vnitřního prostředí budov se dá popsat pomocí fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů, zabýváme-li se problematikou hygieny. Úroveň kvality by měla být zaručena dodržáním stanovených limitů na jednotlivé faktory tak, aby bylo buď úplně vyloučeno zdravotní riziko pro člověka, nebo alespoň vymezeno přijatelné riziko tam, kde na působení škodlivin žádné bezpečné limity stanovit nelze. Ze stejného důvodu se v současnosti upouští od užívání rozpouštědlových polymerních hmot a to především v oblasti polymerních správkových hmot nátěrových systémů a vývoj je směřován k hmotám bezrozpouštědlovým a vodouředitelným. Na trhu jsou také dostupné antibakteriální polymerní nátěrové systémy, pomocí kterých lze účinně potlačit růst plísní a širokého spektra bakterií, přičemž neobsahují žádné biocidní složky, nanočástice ani polutanty. [1]

## **2. TEORETICKÁ ČÁST**

V teoretické části jsou nejdříve uvedeny některé pojmy spojené s touto diplomovou prací, následně jsou popsány poznatky z oblasti ochranných polymerních hmot pro hygienicky čisté provozy. Na základě řešerše fyziologicky nezávadných a antibakteriálních hmot je další úsek teoretické části věnován nejčastěji používaným pojivům a možnosti využití druhotných surovin jako plniv. V závěru teoretické části jsou shrnuty požadavky na fyziologicky nezávadné a antibakteriální hmoty a postupy jejich zkoušení.

### **2.1. Definice a pojmy**

#### **Ochranné hmoty**

Zvyšující se požadavky na průmyslové prostory kladou nároky nejen na rozvoj materiálové základny klasických stavebních hmot, ale také na výrobky chemického průmyslu. Důležité jsou polymerní látky, které se používají při opravách nebo během dokončovacích prací. [2]

Primární a nejpodstatnější funkcí ochranných hmot je zvýšení odolnosti konstrukce vůči působení atmosférických a provozních vlivů. Mezi ochranné hmoty řadíme i polymerní nátěry.

#### **Hygienicky čistý provoz**

Pro popis hygienicky čistých provozů neexistuje jednoznačná definice, avšak tyto provozy lze popsat jako prostory se zvýšenými hygienickými podmínkami. Požadavky pro tyto provozy jsou dány vyhláškou č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb a vyhláškou č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. [1]

#### **Fyziologická nezávadnost**

Obecně lze fyziologickou nezávadnost materiálů popsat jako vlastnost, která zabezpečuje nezávadnost pro činnost živých organismů. Dosažení fyziologické nezávadnosti je důležitým cílem všech nátěrových hmot.

#### **Antibakteriální účinek**

Vlastnost látek (organických i anorganických), při které dochází k hubení bakterií. Hlavní funkcí antibakteriálních nátěrů je vytvoření na jejich povrchu po zatvrdnutí vrstvy s vysokým antibakteriálním účinkem.

## **2.2. Ochranné polymerní hmoty**

Bezrozpouštědlové a vodou ředitelné hmoty se v současnosti využívají více než rozpouštědlové. Důvodem jsou rostoucí požadavky na ekologii. Při použití bezrozpouštědlových materiálů během výroby, aplikace ani vytvrzování nedochází k odpařování toxických látek. Viskozitu těchto hmot je stejně jako u rozpouštědlových systémů potřeba snižovat. Používají se speciální ředidla, která se neodpařují, ale stávají se součástí polymerní sítě. Z vodou ředitelných hmot se odpařuje pouze voda, která nijak životní prostředí nezatěžuje a lze je použít také pro vlhké konstrukce. [3]

### **2.2.1. Rešerše používaných ochranných polymerních hmot pro hygienicky čisté provozy**

Při průzkumu dostupných ochranných polymerních hmot bylo pro srovnání vybráno 5 fyziologicky nezávadných hmot a stejný počet hmot s antibakteriálním účinkem. Všechny fyziologicky nezávadné hmoty jsou dvoukomponentní (většinou rozdělené označením složka A – nevytvrzená viskózní epoxidová pryskyřice a složka B – tvrdidlo), na rozdíl od antibakteriálních hmot, u kterých je v rešerši pouze jedna hmota s dvoukomponentním složením, zbylé jsou jednokomponentní. Pouze ve třech případech nebyl výrobcem v technickém listu uveden druh pojiva, ale je pravděpodobné, že všechny hmoty vybrané do rešerše jsou na epoxidové bázi. Polovina z uvedených výrobků je v technickém listě označena jako bezrozpouštědlová (více v kapitole Bezrozpouštědlové epoxidové pryskyřice), u zbylých výrobků není uveden způsob snižování viskozity.

Výrobci neuvádějí druhy tvrdidel, nicméně pro vytvrzování epoxidových pryskyřic se jeví jako nejlepší varianta tvrdidlo s obsahem anhydridů polykarboxylových kyselin, které jsou nejčastěji využívaným tvrdidlem z důvodu možnosti použití při různých teplotách a relativních vlhkostech, což u ostatních tvrdidel není možné. Hmoty vytvrzené tímto typem tvrdidla je vhodné využít v chladírnách a mrazících boxech, jelikož s nízkou teplotou prostředí dosahují dlouhé životnosti. Dále se nabízí polyaminy, jež se běžně používají pro vytvrzování lepidel, tmelů a nátěrových hmot, avšak jejich použití je možné pouze v suchém prostředí a za normálních teplot. [1]

**Tabulka 1** Přehled vybraných používaných ochranných polymerních hmot.

Typ hmoty	Fyziologicky nezávadná					Antibakteriální				
Název hmoty	Sikagard – Wallcoat N	Sika Permacor 2807 HS-A	Lena N 125	MASTERTOP 1110	RELAFLOOR 10-371 2K EP	Sikagard – 203 W	Lena P 122 A	ACTIN H PREMIUM	Anti Bacterial Acrylic Eggshell	ETERNAL ANTIBAKTERIÁLNÍ
Složení <sup>1)</sup>	A+B	A+B	A+B	A+B	A+B	A	A+B	A	A	A
Pojivo <sup>2)</sup>	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	N/A	N/A	N/A
Bezrozpouštědlový systém	N/A	Ano	Ano	Ano	Ano	N/A	Ano	N/A	N/A	N/A

<sup>1)</sup> Jednokomponentní = A, dvoukomponentní = A+B (A – epoxidová pryskyřice, B – tvrdidlo).  
<sup>2)</sup> EP = epoxidová pryskyřice, N/A = neuvedeno.

### 2.2.2. Plniva používané do ochranných polymerních hmot

V současné době se jako plniva ochranných polymerních hmot do hygienicky čistých provozů využívá především primárních přírodních surovin, jejichž vlastnosti jsou ověřeny a dobře známy dlouhodobým používáním. Avšak využití druhotných surovin, především odpadního skla, se jeví jako dobrá varianta z hlediska environmentálního a ekonomického. Možnost využití druhotných surovin jako plniva do polymerních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy je stále ve fázi výzkumu, který probíhá také na VUT FAST ústavu THD jehož součástí je i tato diplomová práce. Doposud získané výsledky naznačují, že některé typy druhotných surovin bude možné zakomponovat do polymerních systémů bez negativního vlivu na výsledné vlastnosti – více viz praktická část práce. Mezi běžně používané plniva patří:

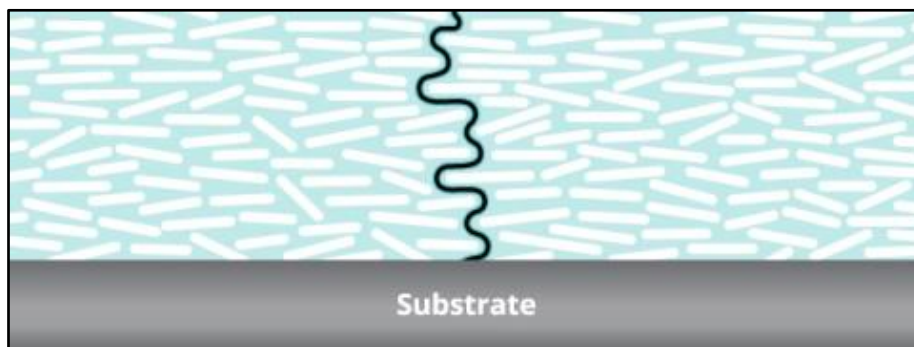
#### **Směsi křemičitých písků Dorsilit ISG**

Směs ISG písků je připravována ze sušených křemičitých písků DORSILIT v odstupňovaných frakcích. Polymerní hmoty obsahující tyto směsi písků dosahují vyšších hustot než jednotlivé frakce a tím snižují spotřebu pojiva a zvyšují výsledné pevnosti. Směsi ISG písků jsou prosté nečistot a mají optimální (kulatý) tvar zrna. [4]

#### **Skleněné vločky**

První aplikace skleněných vloček jako plniva pro zlepšení nepropustnosti a výztuže antikorozních nátěrů byla použita v roce 1970. Všechny polymery propouští vlhkost, tento proces může být zpomalen při použití skleněných vloček, které díky své

morfologii vytváří bariéru pro pronikající vlhkost, která prodlužuje délku dráhy propustnosti (viz Obr. 1).



**Obr. 1** Schématické zobrazení bránění prostupu vlhkosti. [5]

Skleněné vločky zvyšují otěruvzdornost a pevnost, neboť působí jako rozptýlená výztuž. [5] Avšak jejich hlavní nevýhodou je jejich vysoká cena, která se pohybuje v rozmezí 50–60 Kč/kg.

#### **2.2.2.1. Legislativní předpisy pro používání odpadů ve stavebnictví**

Při použití upravených odpadů z průmyslové výroby (druhotné suroviny) pro stavební účely, musí tyto odpady být v souladu s nařízeními a vyhláškami o používání odpadů ve stavebnictví, nesmí být zdravotně a hygienicky závadná, taktéž nesmí mít negativní vliv na životní prostředí. Mezi předpisy, které uvádí také požadavky pro využití odpadních surovin v oblasti stavebnictví, patří:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 REACH (registrace, evaluace a autorizace chemických látek), které má zajistit, aby se nejpozději od roku 2020 používaly pouze chemické látky se známými vlastnostmi a to způsobem, který nepoškozuje životní prostředí a zdraví člověka.
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- Předpis č. 381/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů.
- Předpis č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.
- Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. [1]

### **2.3. Antibakteriální účinek**

V posledních letech došlo v oboru antibakteriálních aditiv k velkému rozvoji ve všech oblastech, kde se antibakteriální vlastnosti uplatňují. S hlediska potřeby ochrany životního prostředí se ve většině případů upouští od využívání aditiv založených na

organické bázi a přechází se k aditivům anorganického původu. Nejpoužívanějším antibakteriálním aditivem je stříbro ( $\text{Ag}^+$ ). [6]

Stříbro má dlouhou a zajímavou historii, jako antibiotikum, ve sféře péče o zdraví. Stříbro bylo použito pro čištění vody, ošetřování ran, kostní náhrady, v oblasti rekonstrukčních ortopedických operací, na kardiologické zařízení, na katetry a chirurgické přístroje. Pokročilá biotechnologie umožnila začlenění ionizovatelného stříbra do výroby prvků pro klinické použití, aby se snížilo riziko infekce a pro zkvalitnění osobní hygieny. Antimikrobiální účinky stříbra nebo sloučenin stříbra jsou úměrné uvolněným iontům stříbra  $\text{Ag}^+$  a dostupnosti bakterií nebo buněčných membrán plísni pro vzájemnou interakci. U stříbra a anorganických sloučenin stříbra dochází k ionizaci v přítomnosti vody, tělních tekutin nebo tkáňových exsudátů (zánětlivý výpotek, který se tvoří v tělních dutinách). Ionty stříbra jsou biologicky aktivní a snadno interagují s proteiny, zbytky aminokyselin, volnými anionty a receptory savčích a eukaryotických buněk. Bakteriální (a pravděpodobně i plísňová) citlivost na stříbro je geneticky podmíněna a závisí na množství absorbovaného stříbra, na jeho schopnosti interagovat a na nevratnosti denaturace klíčových enzymů. Stříbro vykazuje nízkou toxicitu v lidském těle a očekává se minimální riziko při vdechnutí, požití, kontaktu s pokožkou, vniknutí urologickou nebo krevní cestou. Absorbované stříbro do lidského organismu cirkuluje tělem ve formě proteinů, které jsou odbourávány v ledvinách nebo játrech. [7]

Biofilmy jsou definovány jako společenstva mikroorganismů, které jsou vytvářeny na povrchu materiálu. Prevence tvorby vrstvy mikrobiálního biofilmu na povrchu materiálu je nezbytně nutná ve zdravotnictví. Schopnost mnoha druhů bakterií tvořit biofilm na abiotických površích může vést až fatálním následkům především v lékařství, ale i v různých průmyslových odvětvích a jsou zdrojem biologického znečištění v rozvodech vody. Biofilmy jsou tvořeny mikrobiálními buňkami nacházejícími se na jakémkoliv povrchu a jsou schopné reagovat s bakteriemi *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* (významné lidské patogeny), což je klíčové pro jejich výživu a růst, kterému napomáhá vlhkost. Patogenní a pružné biofilmy je obtížné odstranit běžnými dezinfekčními prostředky a z tohoto důvodu narůstá zájem prevenci anorganickými dezinfekčními prostředky, které je možné zakomponovat do polymerních hmot a aplikovat na většinu povrchů. [8]

Disperzí anorganických nanoplniv, konkrétně  $\text{TiO}_2$ , v polymerní matrici, se dosáhne fotokatalytických vlastností tohoto kompozitu. Z praxe se využití  $\text{TiO}_2$  v polymerní matrici se jeví jako nejlepší opatření proti ztrátě katalytických schopností, ke které dochází u jiných matric vlivem pohybu hmoty – použitím polymerních hmot jakožto matrice dochází k tzv. imobilizaci  $\text{TiO}_2$ . Systémy epoxidových pryskyřic obsahující ionty  $\text{Ag}^+$  v kombinaci s  $\text{TiO}_2$  mohou dosahovat vynikajících vlastností biocidního stříbra a

současně fotokatalytických vlastností TiO<sub>2</sub>. Tyto epoxidové kompozity poskytují na tenké vrstvě odolné povlaky, které mají vysokou mechanickou pevnost a dobrou přilnavost k různým podkladům. Přídavek nanoplniva TiO<sub>2</sub> zvyšuje odolnost proti vzniku trhlin a odolnost proti negativnímu působení UV záření díky svým absorpčním vlastnostem. Zakomponováním těchto nanoplniv do polymerní matrice se zvyšuje také teplota skelného přechodu (T<sub>g</sub>). Nanočástice se do epoxidové matrice zavádí syntetickou reakcí za přítomnosti prekurzorů nebo mechanickým mícháním. Úspěšné disperze nanočástic v polymerní matrici je určena několika faktory, jako jsou velikost částic, modifikace částic, specifický povrch, zatížení částic a morfologie částic. [8]

### **2.3.1. Legislativní předpisy pro hygienicky čisté průmyslové provozy**

K nejčastějšímu využití antibakteriálních hmot dochází v hygienicky čistých provozech, zde jsou uvedeny předpisy vztahující se k těmto provozům:

- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických kazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.
- Norma ČSN EN 15457 – Nátěrové hmoty – Laboratorní metoda zkoušení účinnosti konzervačních prostředků v nátěru proti působení hub a plísní.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004, o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS. [1]

*Účelem tohoto nařízení je zajistit účinné fungování vnitřního trhu ve vztahu k uvádění materiálů a předmětů určených pro přímý nebo nepřímý styk s potravinami na trh Společenství a stanovit základ pro zabezpečení vysokého stupně ochrany lidského zdraví*

*a zájmů spotřebitelů. [9]*

*Zásada, z níž toto nařízení vychází, spočívá v tom, že jakýkoliv materiál nebo předmět, který je určen pro přímý nebo nepřímý styk s potravinami, musí být dostatečně stabilní, aby se zabránilo přechodu látek do potravin v množstvích, která by mohla ohrozit lidské zdraví nebo způsobit nepříjemnou změnu ve složení potravin nebo zhoršení jejich organoleptických vlastností. [9]*

*Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami jsou vyrobeny tak, aby záměrně obsahovaly „aktivní“ složky, které se mají uvolňovat do potravin nebo které mají naopak absorbovat látky z potravin. Měly by být rozlišovány od materiálů a*

*předmětů, které se tradičně používají k tomu, aby uvolňovaly své přirozené složky do určitých druhů potravin v průběhu jejich výroby, například dřevěné sudy. [9]*

*Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami mohou měnit složení nebo organoleptické vlastnosti potravin pouze, pokud jsou tyto změny v souladu s předpisy Společenství vztahujícími se na potraviny, jako je směrnice 89/107/EHS o potravinářských přídatných látkách.*

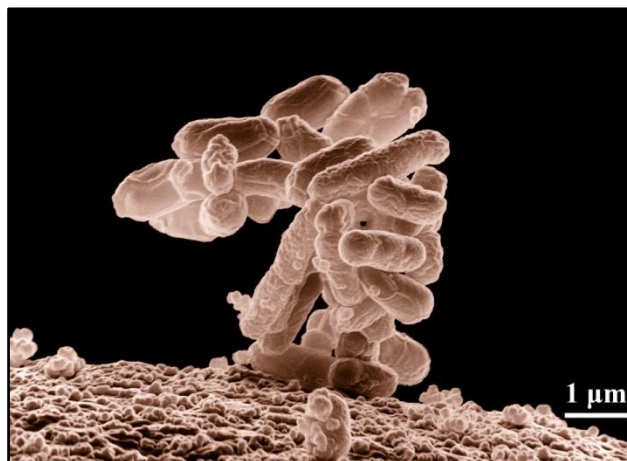
*Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami by neměly uvolňovat nebo absorbovat látky, jako jsou aldehydy nebo aminy s cílem zakrýt počínající kažení potravin. Takové změny, které by mohly měnit známky kažení, by mohly být pro spotřebitele zavádějící, a neměly by proto být povoleny. Podobně by neměly být povoleny ani aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami, které na potravinách způsobují změnu barvy a poskytují tak nesprávnou informaci o stavu potravin, která by mohla být pro spotřebitele zavádějící. [9]*

### **2.3.2. Běžně se vyskytující bakteriální kmeny**

Vzhledem k tomu, že tato práce je věnována ochranným hmotám do hygienicky čistých provozů, je vhodné uvést nejčastěji se vyskytující bakterie, se kterými se tyto hmoty budou dostávat do kontaktu. Mezi nejběžnější bakterie patří *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* a *Staphylococcus aureus*.

- ***Escherichia coli*** je bakterie žijící ve střevech lidí a zvířat. Většina bakterií *Escherichia coli* je neškodná a jsou důležitou součástí zdravého lidského střevního traktu. Avšak některé tyto bakterie jsou patogenní, což znamená, že mohou způsobit onemocnění, které se projevuje průjmem nebo onemocněním mimo střevního traktu. Druhy *Escherichia coli* způsobující onemocnění mohou být přenášena kontaminovanou vodou nebo potravinami, nebo prostřednictvím kontaktu se zvířaty a osobami. [10]





**Obr. 2** Snímek bakterií *escherichia coli* pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM), zvětšeno 10 000 krát. [11]

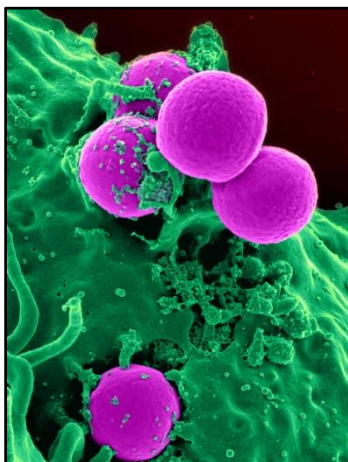
- ***Klebsiella pneumoniae*** je bakterií, která může způsobovat různé typy infekcí, včetně zápalu plic, infekce krve aj. Člověk se může touto bakterií infikovat vdechnutím, případně vniknutím infikované krve do krevního oběhu. Ve zdravotnických zařízeních se mohou bakterie *klebsiella pneumoniae* šířit z osoby na osobu kontaktem (například od pacienta k pacientovi prostřednictvím kontaminovaných rukou zdravotnického personálu nebo jiných osob). Pacienti ve zdravotnických zařízeních mohou být také vystaveni této bakterii skrze dýchací přístroje, prostřednictvím jehel (nitrožilní kanyla aj.), nebo při chirurgických zákrocích. [10]



**Obr. 3** Snímek bakterií *Klebsiella pneumoniae* pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM). [12]

- ***Staphylococcus aureus*** (zlatý stafylokok) je druh bakterie, jenž se vyskytuje asi u jedné třetiny populace lidí na kůži a sliznicích. Často způsobuje infekce od zánětů kůže (žluté fleky – odtud „zlatý“) a měkkých tkání až po životu nebezpečné sepse – otrava krve, která může vést k selhávání orgánů. Osoby s cukrovkou, rakovinou, ekzémy, cévními a plicními onemocněními jsou

vystaveny většímu riziku onemocnění. Stejně tak pacienti ve zdravotnických zařízeních, kteří mají oslabenou imunitu, prošli chirurgickými zákroky, nebo mají zaveden katetr. [10]

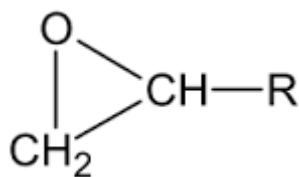


**Obr. 4** Snímek bakterií *staphylococcus aureus* pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM). [13]

## 2.4. Epoxidové pryskyřice

Značná část teoretické části je věnována epoxidovým pryskyřicím (EP), neboť právě tyto polymerní hmoty jsou nejčastěji používány jako ochranné hmoty do hygienicky čistých provozů.

Epoxidové pryskyřice (EP) jsou sloučeniny, které obsahují v molekule epoxidovou (oxiranovou) skupinu viz Obr. 5.



**Obr. 5** Strukturní vzorec oxiranové skupiny.

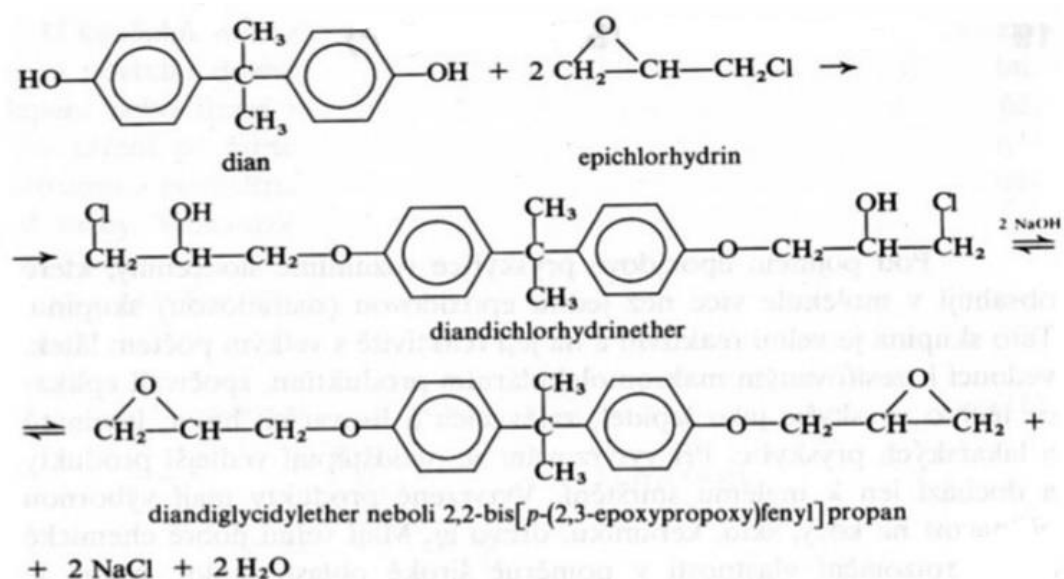
Díky dobrým mechanickým vlastnostem a velké reaktivitě se EP využívají v lepidlech, zalévacích a lisovacích hmotách, pojivech pro lamináty a lékařských pryskyřicích. EP disponují těmito vlastnostmi:

- minimální smrštění při vytvrzování,
- dobré elektroizolační vlastnosti v širokém spektru teplot,
- odolnost proti vodě, slabým anorganickým kyselinám a alkáliím některým rozpouštědlům,
- dají se dobře plnit,
- vysoká přilnavost ke kovu, sklu, betonu, dřevu, keramice a dalším materiálům,

- teplotní stálost přibližně do 80 °C,
- dosahují vysokých mechanických pevností,
- široké spektrum použitelnosti. [14]

#### 2.4.1. Výroba epoxidových pryskyřic

Nejvíce vyráběnými epoxidovými pryskyřicemi (EP) jsou produkty alkalické kondenzace epichlorhydrinu s 2,2-bis(4hydroxyfenyl)propanem, označovaným také jako dian nebo bisfenol A (BP A). Tento způsob výroby EP tvoří 85 % světové produkce. [14]



Obr. 6 Reakce dianu (bisfenolu A) s epichlorhydrinem.

V České republice se výrobou EP zabývá společnost SPOLCHEMIE a. s. Výroba probíhá v úseku s názvem Episol, který se skládá ze dvou jednotek se stejnou kapacitou 30 kt/rok, což znamená roční produkci 60 kt. Každá jednotka výrobního úseku Episol obsahuje 5 reaktorů, které plní funkci reaktoru, usazováku a usazovacího aparátu. Jeden výrobní cyklus trvá přibližně 6 hodin. Děje probíhající v jednotlivých reaktorech jsou popsány v následující tabulce. [15]

**Tabulka 2** Výroba epoxidových pryskyřic v úseku Episol. [15]

1. reaktor	a) Napuštění epichlorhydrinu (EPC) a poté bisfenolu A (BPA). EPC je v přebytku cca 1:7. b) Přídavek prvního podílu roztoku NaOH, směs se zahřívá a míchá (reakční doba cca 2 h).
2. reaktor	a) Přepuštění roztoku z prvního reaktoru, probíhá první dechlorace přidáním dalšího 50% roztoku louhu a následně vody. b) Odpaření přebytečného EPC ze směsi.
3. reaktor	a) Směs se přepustí i přidá se toluen. Ten rozpustí vzniklou pryskyřici. b) Přidá se voda pro vyprání solí. c) Dochází k usazení fází.
4. reaktor	a) Druhá dechlorace přebytkem roztoku NaOH, hlídání pH. b) Neutralizace směsi $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ na neutrální reakci. c) Praní vodou.
5. reaktor	Odpaření těkavých látek (toluenu) – teplotou, stripováním parou a dusíkem.

Bisfenol A vyrábí společnost SPOLCHEMIE a. s. ve stejnojmenném úseku kondenzací fenolu a acetonu na iontoměničích, při molárním poměru fenolu k acetonu až 1,5:1. Reakce probíhá při teplotě 50 – 90 °C. Roční produkce BPA tohoto úseku je přibližně 20 kt. Epichlorhydrin (EPC) se nejčastěji vyrábí dehydrohalogenací alkalickými hydroxidy nebo hydroxidem vápenatým z dichlorhydrinu. Nejvíce se využívá vodného roztoku hydroxidu sodného. [15]

#### 2.4.2. Vytvrzování epoxidových pryskyřic (EP)

Během vytvrzování EP dochází pouze k minimálnímu smrštění, proto jsou epoxidové pryskyřice (EP) vhodné pro výrobky s velkými požadavky na přesnost rozměrů a pro výrobu kompozitů, kde je vlivem nízkého smrštění minimalizováno vnitřní pnutí i ve velkých dílcích. [14]

Vytvrzení EP je možné provést několika postupy:

- polyadici probíhající na epoxidových skupinách,
- polykondenzací na přítomných hydroxylových skupinách,
- polymerací epoxidových skupin. [16]

Procesem vytvrzování dochází k nevratným změnám. Vzniká vysoce zesíťovaná trojrozměrná síť. Rychlost vytvrzovací reakce a teploty skelného přechodu ( $T_g$ ) vytvrzených EP závisí především na chemické struktuře tvrdidel. [16] K polyadici na

epoxidovou skupinu je možné použít prakticky všechny sloučeniny s pohyblivými vodíkovými atomy. Nejvýznamnějšími tvrdidly jsou polyaminy a anhydridy polykarboxylových kyselin. [16]

#### **a) Polyaminová tvrdidla**

Tvrdidla na polyaminové bázi patří k základním a nejčastěji používaným tvrdidlům pro epoxidové pryskyřice. Dělí se do tří hlavních kategorií: alifatické, aromatické a cykloalifatické polyaminy. [12] Primárními a sekundárními alifatickými polyaminy je možné EP vytvrzovat za normální teploty. Produkty reakce jsou hydroxylové a sekundární aminoskupiny. [16]

Podmínkou vzniku zesíťovaného produktu je obsah minimálně třech aktivních atomů vodíku v molekule polyaminu. Doba vytvrzování EP alifatickými a cykloalifatickými polyaminy je za normální teploty relativně krátká. K nejpoužívanějším patří diethylentriamin, dipropylenetriamin, triethylentetramin, směs 2,2,4- a 2,4,4-trimethylhexamethyldiaminu, isoforondiamin, N-aminoethylpiperazin a další cykloalifatické polyaminy. [16]

#### **b) Polythiolová tvrdidla**

Vytvrzování epoxidových pryskyřic za normální teploty je taktéž možné pomocí vícefunkčních polythiolových sloučenin. K reakci těchto sloučenin dochází s epoxidovými skupinami prostřednictvím jejich -SH skupin. [16]

#### **c) Anhydridová tvrdidla**

Anhydridy polykarboxylových kyselin patřili v minulosti k nejdůležitějším tvrdidlům EP. Kombinací anhydridů a EP se při nízkých teplotách dosahuje dlouhé trvanlivosti výsledného materiálu. [15] Pomocí těchto tvrdidel lze dosáhnout velmi dlouhé doby zpracovatelnosti. Při vytvrzování anhydridy jsou obvykle použity aminy jako katalyzátory reakce. Mezi běžné anhydridy patří anhydrid kyseliny ftalové (PA), 3,4,5,6-tetrahydroftalový anhydrid (3,4,5,6-THPA), methyltetrahydroftalový anhydrid (MTHPA), anhydrid kyseliny hexahydroftalové (HHPA), methyl hexahydroftalový anhydrid (MHHPA), atd. [17]

#### **d) Alkalická tvrdidla**

Alkalické vytvrzovací činidla mohou být rozděleny do imidazoly a terciární aminy. Terciární aminy jsou také běžně uplatňovány jako urychlovače pro jiná tvrdidla EP. Obvykle jsou používány ve spojení s aminy, polyamidy, amidoaminy, merkaptany, polysulfidy a anhydridy k urychlení vytvrzovací reakce u EP. Při použití samotných alkalických činidel jako tvrdidel je dosaženo dlouhé doby zpracovatelnosti. [17]

#### ***e) Vytvrzování jinými pryskyřicemi***

Vytvrzování EP jinými pryskyřicemi je důležité pro nátěrové hmoty. Používají se pryskyřice, které obsahují alkoksymethylové skupiny, jako jsou formaldehydové, močovinoformaldehydové a melaminformaldehydové pryskyřice. Směsi pryskyřic jsou vytvrzovány za zvýšené teploty (120 – 200 °C) za vzniku etherových můstků. Vysokou odolnost proti chemikáliím a rozpouštědlům vykazují směsi EP s fenolickými pryskyřicemi. [16]

#### ***Vytvrzování zářením***

Epoxidové pryskyřice mohou být také vytvrzeny pomocí infračerveného a ultrafialového světla, nebo elektronovým paprskem vyzářeným v přítomnosti fotoiniciátoru. Vytvrzování pomocí záření výrazně snižuje dobu vytvrzení z hodin na minuty. Kromě toho poskytuje více konzistentní a řízený průběh ve srovnání s ostatními metodami vytvrzování. [17]

#### **2.4.3. Rozpouštědla v epoxidových pryskyřicích**

Vytvrzené epoxidové pryskyřice (EP) se často rozpouští v xylenu a dalších organických rozpouštědlech. Nicméně s ohledem na ochranu životního prostředí se u epoxidových nátěrů v posledních třiceti letech projevuje snaha o snížení emisí těkavých organických látek (VOC – volatile organic compound) do ovzduší, což má za následek vývoj hmot s nízkým obsahem rozpouštědel. Z EP založených na bázi bisfenolu F, které jsou vytvrzované nízkoviskózními alifatickými a cykloalifatickými aminy a nízkomolekulárními polyamidovými pryskyřicemi, lze připravit nátěrové systémy s obsahem VOC menším než 250 g·l<sup>-1</sup>. [18]

Obsah netěkavých látek se u hmot s vysokým obsahem sušiny pohybuje v rozmezí 60 – 90 % hmot., tzn. obsah sušiny 50 – 80 % objemových. Novější nátěrové systémy mohou mít obsah sušiny dokonce vyšší než 90 % obj. Pro zvýšení obsahu netěkavých látek existuje několik možností – snížení průměrné molekulové hmotnosti, úzká distribuce molekulové hmotnosti, snížení viskozity aplikací vysoce účinných rozpouštědel, použití reaktivních ředidel nebo použití nových aplikačních technologií. Nátěrové hmoty s vysokým obsahem sušiny jsou šetrnější k životnímu prostředí, jsou účinnější, ale také ekonomičtější. [18]

Vysokosušinové nátěrové hmoty využívající EP a fenalkaminové tvrdidla je možné nanášet ve větších mocnostech a tedy v méně vrstvách než běžné nátěrové hmoty. Aplikaci lze provádět i na nedokonale očištěné povrchy bez poklesu ochranných vlastností. Obsah VOC lze snížit díky použití EP na bázi bisfenolu A/F a optimalizací formulace. [18]

Aplikace, vzhled, životnost a tvorba nátěrové vrstvy jsou značně poznamenány vlastnostmi použitého rozpouštědla. Pro vysokosušinnové nátěrové hmoty se používají alkoholy, ketny, estery, glykolethery a jejich acetáty. [18]

#### **2.4.4. Bezrozpouštědlové epoxidové pryskyřice**

U bezrozpouštědlových epoxidových systémů se pryskyřice a tvrdidla vyznačují vysokou molekulovou hmotností a viskozitou. Pro snížení viskozity pryskyřic se využívají reaktivní ředidla, jedná se o epoxidové pryskyřice s velmi nízkou viskozitou. U tvrdidel se viskozita snižuje pomocí neodpařujících se ředidel. Použitím reaktivních ředidel a benzylalkoholu do zhruba 8 hmotnostních procent nedojde k výraznému ovlivnění vlastností výsledného produktu. Překročením této hranice dochází k degradaci mechanických vlastností, zpomalení polymerizace může být způsobeno vysokým obsahem benzylalkoholu. [6]

#### **2.4.5. Vodouředitelné epoxidové pryskyřice**

Neustále se zvyšující snahou o šetrnost k životnímu prostředí ve stavebním průmyslu vznikla technologie vodouředitelných epoxidových systémů. Základní složky zůstávají stejné jako u bezrozpouštědlových systémů, tedy pryskyřice a tvrdidlo. Z důvodu nerozpustnosti těchto komponentů se používá emulgace, která spočívá v mechanickém rozptýlení dvou vzájemně nemísitelných kapalin. Vodouředitelné epoxidové pryskyřice se dělí do dvou skupin podle toho, zda je použita emulze pryskyřice nebo tvrdidla. U první skupiny se tvrdidlo přidává do emulze pryskyřice a dochází k emulgaci síťovadla, u druhé skupiny se přidává pryskyřice do emulze tvrdidla a dochází k emulgaci pryskyřice. Voda a ostatní složky v tomto systému navzájem nereagují. Během vytvrzování probíhá reakce mezi aminovými skupinami tvrdidla a epoxidovými skupinami pryskyřice. Při určité hodnotě vytvrzení, kdy je struktura tvarově stálá, se začne voda obsažená v emulzi odpařovat. Tato voda se vyskytuje v kavitách tvořených prostorovou polymerní sítí. Následným odpařením zbytkové vody zůstává tvar částečně vytvrzeného epoxidu zachován, nadále probíhá vytvrzování a vodou vytvořené kavity zůstávají v systému. [6]

### **2.5. Požadavky na fyziologicky nezávadné a antibakteriální ochranné hmoty do hygienicky čistých provozů.**

Na fyziologicky nezávadné a antibakteriální ochranné hmoty do hygienicky čistých provozů se vztahují tyto požadavky:

**Přilnavost k podkladu** – min. 0,8 MPa (CSN EN 1504-2), postup zkoušení podle normy ČSN EN ISO 4624 *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti*.

**Oděr za mokra** – zatřídění do tříd 1–5 dle normy ČSN EN 13300 *Nátěrové hmoty - Vodou ředitelné nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro nátěry stěn a stropů v interiéru – Klasifikace E*, požadována je většinou maximálně třída 3 ( $\geq 20 \mu\text{m}$  a  $< 70 \mu\text{m}$  při 200 pohybech kartáče), postup zkoušení podle normy ISO 11998.

**Odolnost vůči dezinfekčním prostředkům** – hodnotí se puchýřkování podle ISO 4628-2, odlupování podle ISO 4628-5, tvorba trhlin podle ISO 4628-4, změny vzhledu (např. barva, lesk) podle ISO 4628-1 a pokud je to možné měří se přídržnost nebo tvrdost. Postup zkoušení podle normy ČSN EN 13529 *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení odolnosti vůči silnému chemickému napadení*.

**Účinnost vůči plísním** – požadován stupeň 0 = žádný růst plísní (rozmezí 0 – 4), postup zkoušení podle normy ČSN EN 15457 *Nátěrové hmoty - Laboratorní metoda zkoušení účinnosti konzervačních prostředků v nátěru proti působení hub a plísní*.

**Zdravotní bezpečnost** – musí být vhodný pro přímý styk se suchými potravinami – Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004.

**Antibakteriální účinnost** (pouze u antibakteriálních ochranných hmot) – musí mít antibakteriální účinky, postup zkoušení podle normy ČSN EN ISO 20645 *Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou*.

**Čistitelnost** – Stanovuje se podle ČSN EN ISO 11998. Vizually se porovná očištěná plocha, kam byl aplikován znečišťující prostředek, s očištěnou plochou na druhém vzorku nebo na druhé polovině téhož vzorku. Nesmí být vizuálně rozeznatelný rozdíl mezi plochami, kam byly nanесeny znečišťující látky a odíranou (čištěnou) plochou na dvojici vzorků nebo na druhé polovině toho samého vzorku.

## 2.6. Požadavky na průmyslové podlahy v hygienicky čistých provozech

Ne všechny uvedené požadavky je možné splnit v jednom systému ochranných hmot, některé z vlastností si mohou odporovat, a je tedy nutné určit, které funkce jsou pro danou aplikaci zásadní. Zde je výčet vlastností, které mohou být po ochranných hmotách požadovány:

**Krátká odstávka výroby** – v provozech s plynule běžící výrobou jsou pouze malé intervaly, kdy je možné provést údržbu nebo opravy. Z tohoto důvodu je nutné používat rychle tvrdnoucí systémy.

**Tlumení kročejového hluku** – (platí pro pochozní části objektů) nachází uplatnění v oblastech se zvýšeným pohybem lidí. Používají se pružné systémy, které tlumí kročejový hluk a zároveň splňují vysoké estetické požadavky.



**Tepelná odolnost** – schopnost odolávat změnám teplot způsobenými provozem strojů, vařením, sterilizací nebo čištěním proudem páry.

**Snadná údržba** – jednoduché čištění nečistot za mokra nebo za sucha.

**Emise mechanických částic** – parametry emisí mechanických částic jsou regulovány předpisy pro specifické provozy.

**Styk s potravinami** – hygienická nezávadnost (především v potravinářském a nápojovém průmyslu).

**Emise VOC/AMC** – eliminace uvolňování organických těkavých látek a molekulárních kontaminantů.

**Chemická odolnost** – použitá hmota musí být odolná všem chemikáliím, které se vyskytují v daném provozu.

**Odolnost proti rázům a bodovému zatížení** – odolnost proti působení tzv. bodového zatížení, které vniká ve výrobních linkách, skladech a překladištích při pohybu vysokozdvizných nebo paletových vozíků. Zohledňuje se také zatížení způsobené pádem předmětů – rázové zatížení.

**Těsnost** – zabránění proniknutí nebezpečných látek do podkladní vrstvy a spodních vod.

**Odolnost proti obrušování** – zamezení úbytku vrstvy působením abrazivních účinků.

**Přemostění trhlin** – zabezpečí těsnost povrchu (brání pronikání nebezpečných látek do podkladu).

**Požární odolnost** – návrh hmot s ohledem na požadovanou protipožární odolnost.

**Fyziologická nezávadnost** – zabránění uvolňování nebezpečných těkavých látek.

**Elektrická vodivost** – zabránění působení rušivých elektrických vlivů na vyráběné elektronické součástky nebo funkčnost elektrických přístrojů použitím antistatických hmot.

**Odolnost proti skluzu** – protiskluznost je důležitá vlastnost u pochozích ploch (významnou roli hraje charakter provozu – zda je suchý nebo mokrý).

**Tepelná vodivost** – nízká tepelná vodivost podlahy zajistí příjemný pocit pro uživatele.

**Odolnost proti UV záření** – schopnost odolávat degradaci způsobenou UV zářením.

**Barevnost** – estetické hledisko, popř. rozdělení prostoru pro lepší orientaci. [19]

## 2.7. Požadavky na podkladové vrstvy

Z širokého spektra možných povrchů, na které lze hmoty na bázi epoxidových pryskyřic aplikovat, zde budou uvedeny pouze betonové a ocelové podkladní vrstvy, jelikož vyvíjené materiály v rámci této diplomové práce jsou určeny právě pro tyto typy povrchů.

### ***Nové strojně hlazené betonové desky, ručně položené betonové desky, betonové mazaniny***

Pro zabezpečení využití vysoké mechanické pevnosti finální ochranné hmoty, by měla být betonová vrstva s ocelovou výztuží strojně zakletována a rovněž by měla dosahovat pevnosti v tlaku jako podkladový beton (minimálně  $30 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ ).

Betonový povrch by měl být vytvrzený – zrání 28 dní, čímž se:

- omezí vznik prasklin a tvarových deformací, které bývají zapříčiněny smršťováním v průběhu zrání
- dosáhne zbytkové vlhkosti do 4 %
- zajistí plná mechanická pevnost

Většina polymerních hmot je nepropustná pro vodní páry a nesprávným řešením podkladové vrstvy se mohou zničit. Finální rovinnost povrchu je závislá na tloušťce epoxidové vrstvy, která je do 1 mm pro nátěry, 2 – 3 mm pro samorozlévací stěrky, pro maltové stěrky aplikovatelné ručně 4 – 10 mm a větší tloušťky pro ručně nebo strojně aplikované polymerbetony, přičemž rovinnost podkladu má být dle ČSN 74 4505 nebo DIN 18 202. Povrch se nejlépe mechanickým způsobem zbaví nesoudržných a nesavých povlaků pomocí brokování či broušení, nečistoty se vysají, tím se otevře kapilární betonová struktura, čímž se zajistí propojení svrchní vrstvy s podkladem. [20]

### ***Ocelové podklady***

Nejllepší adheze v případě, že podkladem pro epoxidovou hmotu je ocel, se dosáhne hrubým opískováním na kovovou čistotu s drsností cca 80 my. Pokud nelze pískování provést, musí se ocelový povrch důkladně odmastit, očistit a zdrsnit brusnými disky či ocelovými kartáči. Po důkladném odstranění všech nečistot se bez dalších časových prodlev aplikuje vazný nátěr, který eliminuje vytvoření rzi. [20]

## 2.8. Popis zkoušek prováděných v rámci praktické části

Závěr teoretické části je věnovaný popisu postupům zkoušení fyziologicky nezávadných a antibakteriálních hmot, které jsou provedeny v rámci praktické části. Za tímto účelem byly vybrány zkoušky, jejichž výsledné hodnoty jsou nejčastěji uváděny v technických listech u zmiňovaných hmot.

### 2.8.1. Aplikační test

Tento test předchází dalšímu podrobnějšímu zkoušení a jeho smyslem je prvotní zjištění, zda je navrhnutá receptura vhodná pro zamýšlené účely použití. Aplikační test hodnotí tři vlastnosti. Konkrétně zpracovatelnost, aplikovatelnost a vlastnosti výsledného povrchu. Na základě výsledků tohoto testu se vyberou receptury pro další testy.

#### 2.8.1.1. Zpracovatelnost

První sledovanou vlastností připravovaných hmot bude zpracovatelnost. Ta bude sledována v okamžiku smíchání plniva s pojivovými složkami. Hodnocena bude náročnost zpracování (promíchávání) materiálu, dále zda dochází k promísení jednotlivých složek materiálu plniva, pojiva i tvrdidla, a zda toto zpracování vyžaduje zvýšenou časovou či technickou náročnost. [21]

#### 2.8.1.2. Aplikovatelnost

Pro stanovení aplikovatelnosti bude připravená směs nanесena na cementotřískovou desku (30 x 30 cm), technologií aplikace podle doporučení výrobce pojiva. Hodnocenými vlastnostmi je vhodnost doporučené technologie nanášení, reologické vlastnosti systému, kompatibilita plniva s pojivovou složkou, zda se materiál celkově slévá a vyrovnává. [21]

**Tabulka 3** *Systém hodnocení aplikovatelnosti materiálu [21]*

Hodnocení	Popis hodnocení
<b>Vyhovující</b>	Materiál se vyznačuje dobrými reologickými vlastnostmi, je dobře aplikovatelný zubovou stěrkou, nebo štětcem, dochází k rovnoměrnému slnutí povrchu, vyplňuje vymezený prostor.
<b>Nevyhovující</b>	Materiál nevykazuje vyhovující reologické vlastnosti, špatná aplikovatelnost, nedochází k rovnoměrnému slnutí povrchu, nevyplňuje vymezený prostor.

#### 2.8.1.3. Výsledný povrch

Jde pouze o vizuální posouzení, avšak hodnocení výsledného povrchu je důležitou součástí aplikačních testů. Povrch se hodnotí po sedmi dnech na zpolymerované směsi. Sleduje se, jestli výsledný materiál dosahuje požadovaných vlastností povrchu, který by měl být hladký, lesklý, neměly by v něm být důlky, fleky a také nesmí docházet k oddělování pojivové složky a plniva. [21]

**Tabulka 4** Systém hodnocení pro výsledný povrch materiálu [21]

Hodnocení	Popis hodnocení
<b>Vyhovující</b>	Výsledný povrch je hladký, lesklý, bez důlků a fleků, nedochází k separaci pojiva a plniva.
<b>Nevyhovující</b>	Výsledný povrch je nerovný, nejednotný, jsou viditelné fleky (segregace pigmentů), vykazuje nerovnoměrné rozložení pojiva a plniva.

## 2.8.2. Zkoušení vzorků v čerstvém stavu

### 2.8.2.1. Rychlost sedimentace

Tato zkouška zjišťuje rychlost sedimentace plniva, která má podstatný vliv na použití materiálu ve výrobě. Sleduje se chování plniv v matrici – při výrazné sedimentaci plniva může dojít k znehodnocení výsledného produktu. Pro provedení zkoušky budou použity laboratorní zkumavky, které se naplní různými poměry plniva s pojivem (tvrdidlo se nepřidává). Pro porovnání bude jedna ze zkumavek obsahovat pouze pojivo. Připravené vzorky se uloží do ustáleného prostředí o teplotě  $21 \pm 3$  °C (vzorky nesmí být vystaveny přímému slunečnímu záření). Vzorky budou kontrolovány každé tři dny po dobu jednoho měsíce. Zaznamenají se změny a následně se jednotlivé vzorky zatřídí podle systému hodnocení sedimentace, viz Tabulka 5. [21]

**Tabulka 5** Systém hodnocení sedimentace [21]

Hodnoty	Popis hodnocení
<b>1</b>	Vzorek bez pozorovatelných změn, žádná známka sedimentace.
<b>2</b>	Počátky sedimentace: změna barevného odstínu, náznak separace vrstev.
<b>3</b>	Lehce pozorovatelné známky sedimentace pouhým okem (hranice vrstev, barva).
<b>4</b>	Jasně pozorovatelná sedimentace: barva, jasné hranice jednotlivých vrstev, možnost určení separovaných vrstev.
<b>5</b>	Výrazná sedimentace, separování jednotlivých složek disperzní soustavy.

### 2.8.2.2. Hustota

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2811-1 *Nátěrové hmoty - Stanovení hustoty - Část 1: Pyknometrická metoda*.

V prvním kroku se zváží pyknometr o objemu 25, nebo 50 ml na analytických vahách. Následně se pyknometr naplní vzorkem materiálu, aniž by došlo ke vzniku bublin a pečlivě se uzavře (zábrus musí zcela dosednout). Případný vyteklý materiál se důkladně očistí acetonem. Dále se pyknometr obsahující zkoušený materiál znovu zváží. [22]

### 2.8.2.3. Stanovení tloušťky nátěru

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*. Pro vzorky v čerstvém stavu je v normě určena kapitola *Stanovení tloušťky mokrého filmu*. Použita bude metoda s využitím měřicího hřebene.

Měření se provádí pomocí hřebene – plochá deska vyrobená z korozně odolného materiálu se zuby podél svého okraje (viz Obr. 7). [23]



Obr. 7 Měřicí hřeben.

Při vlastním měření musí být hřeben přitisknut na povrch plochého vzorku tak, aby jeho zuby směřovaly kolmo k rovině povrchu. Pro správné měření je nutné před oddálením hřebene počkat dostatečně dlouho, aby nátěr smočil zuby. Výsledek je ovlivnitelný dobou měření, z tohoto důvodu je nutné měření provádět co nejdříve po nanesení nátěru. Tloušťka mokrého filmu odpovídá nejvyššímu stupni zubu, který byl smočen nátěrovou hmotou. [23]

### 2.8.2.4. Doba zpracovatelnosti

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 9514 *Nátěrové hmoty - Stanovení doby zpracovatelnosti kapalných systémů - Příprava a kondicionování vzorků a směrnice pro zkoušení*.

Tato vlastnost je velmi důležitá jak pro zpracování, tak při aplikaci hmoty. Zaznamená se čas a smíchají se složky dle návodu výrobce. Do nádoby se vloží  $(300 \pm 3)$  ml směsi. Pro zvolení doby zpracovatelnosti se nechá směs stát po zvolenou dobu stanovení. V definovaných intervalech se odebere vzorek z nádob a hodnotí se zkoumaná vlastnost. Doba zpracovatelnosti je překročena, jakmile hodnota zkoumané vlastnosti, již neodpovídá požadavkům normy popřípadě pracovním dokumentům. Tuto dobu může ovlivnit teplota okolí, teplota a druh vstupních surovin. Je nutné uvést teplotu, v které byla doba zpracovatelnosti určena. [24]

### **2.8.3. Zkoušení vzorků ve zpolymerizovaném stavu**

#### **2.8.3.1. Přílnavost**

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 4624 *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přílnavosti*.

Zkoušená nátěrová hmota je nanesena v rovnoměrné vrstvě na rovinný zkušební vzorek se stejnou povrchovou strukturou. Po zaschnutí, eventuálně vytvrzení se na povrch nátěru přilepí zkušební tělíska. Po následném vytvrzení lepidla je soustava přilepených tělísek uchycena do trhacího přístroje, který vyvozuje tažnou sílu. Zaznamená se síla potřebná k odtržení nátěru od podkladu. Výsledkem zkoušení je napětí v tahu, které je potřebné k poškození nejslabšího rozhraní, tzn. adhezní porušení nebo nejslabší složky, tzn. kohezní porušení zkušební soustavy. Oba druhy porušení mohou nastat současně. [25]

#### **2.8.3.2. Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku**

Stanovuje se podle normy ČSN EN 13892-2 *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku*.

##### **a) Zkouška pevnosti v tahu za ohybu**

Zkouší se po 28 dnech po zhotovení na třech tělesech, která jsou vytvořena podle EN 13892-1 *Metody zkoušení potěrových materiálů - Část 1: Odběr, úprava a ošetřování vzorků*. Očistěná zkušební tělesa se zváží a změří, z těchto hodnot se vypočítá objemová hmotnost. Zkušební těleso se umístí na válcové podpory jednou z odlitých stran centricky v obou směrech. Zatížení se vyvozuje rovnoměrně bez rázů až do porušení. Zaznamená se maximální vyvozené zatížení. [26]

##### **b) Zkouška pevnosti v tlaku**

Pro tuto zkoušku se využijí rozlámané zkušební tělesa ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu (musí se zkoušet ve stejný den). Zkušební těleso se umístí do zkušebního stroje tak, aby byl tlak vyvozován na boční strany, ne na horní stranu. Poloha tělesa se upraví tak, aby koncová plocha přesahovala minimálně 16 mm destičky. Pro zkoušku lze využít pouze tělesa, u kterých je možné zajistit krychlový tvar pevného materiálu mezi horní a dolní destičkou. Zatížení se vyvozuje rovnoměrně bez rázů až do porušení. Zaznamená se maximální vyvozené zatížení. [26]

#### **2.8.3.3. Stanovení tloušťky nátěru**

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*.

Norma uvádí deset metod stanovení tloušťky suchého filmu, přičemž některé metody mají více variant provedení. Pro účely této práce bude využita destruktivní metoda optická metoda příčného řezu. Na vzorku se provede řez kolmý na měřený povlak, následně se pomocí mikroskopu stanoví tloušťka nátěru. Bude použit přístroj Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P. I. G.). [23]

#### **2.8.3.4. Tvrdost**

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 868 *Plasty a ebonit – Stanovení tvrdosti vtlačováním hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore)*.

Podstatou zkoušky je měření hloubky vtlačení specifikovaného hrotu do vzorku za stanovených podmínek (teplota a relativní vlhkost). Tvrdost Shore D je nepřímo úměrná hloubce vtlačení hrotu daného tvrdoměru a závislá na modulu pružnosti a na visko-elastických vlastnostech materiálu. [27]

#### **2.8.4. Doplnkové zkoušky**

Na hmotách vybraných na základě výsledků předchozích testů budou provedeny doplňkové zkoušky, které se zaměřují na další vlastnosti, jež jsou požadovány po aplikaci vyvíjených hmot v konkrétních provozech. K doplňkovým zkouškám patří i ověření antibakteriálních vlastností (bude provedeno pouze u hmot, které mají vykazovat antibakteriální účinky).

##### **2.8.4.1. Odolnost proti úderu**

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 6272-2 *Nátěrové hmoty – Zkoušky rychlou deformací (odolnost proti úderu) – Část 2: Zkouška padajícím závažím, malá plocha úderníku*.

Po vytvrzení zkoušeného nátěru, se spouští normalizované závaží takovým způsobem, aby zasáhlo úderník, který zapříčiní deformaci nátěru. Vzdálenost padajícího závaží se postupně zvětšuje a tím, se stanoví hodnota, při které nastává poškození vzorku. Pro nátěry je běžné popraskání, které je viditelné pod lupou nebo po nanesení roztoku síranu měďnatého. [28]

#### 2.8.4.2. Odolnost proti oděru

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 11998 *Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti proti oděru za mokra a stanovení čistitelnosti*.

Zkoušený vzorek se zváží a podrobí 200 cyklům odírání za mokra ve zkušebním odíracím zařízení. Následně se vzorek omyje, usuší a znovu zváží. Z naměřených hodnot úbytku hmotnosti se vypočte střední hodnota úbytku tloušťky filmu. Třída odolnosti nátěru proti oděru za mokra se stanoví porovnáním průměrného úbytku tloušťky nátěru s předem určenou hodnotou, která byla domluvena mezi zúčastněnými stranami. [29]

#### 2.8.4.3. Antibakteriální vlastnosti

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 20645 *Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou*.

Zkouška je založena na principu difundování antibakteriálního přípravku do okolního prostředí. Vzorek je umístěn na agarovou plotnu, která je inokulována testovacími bakteriemi. Test probíhá s grampozitivní bakterií *Staphylococcus aureus* a gramnegativní *Klebsiella pneumoniae* nebo *Escherichia coli*. Po 24 hodinách se vyhodnocuje nárůst bakterií pod vzorkem, případně v okolí vzorku a sleduje se přítomnost inhibiční zóny. Výsledek je hodnocen slovně podle tabulky v normě. Účinek je buď dobrý, na hranici účinnosti, nebo nedostatečný. [30]

**Tabulka 6** Systém hodnocení účinnosti antibakteriálních materiálů [30]

Inhibiční zóna [mm] Průměrná hodnota	Růst <sup>a)</sup>	Popis	Posouzení
> 1 1-0 0	žádný žádný žádný	inhibiční zóna přesahuje 1 mm, bez nárůstu <sup>b)</sup> inhibiční zóna do 1 mm, bez nárůstu <sup>b)</sup> bez inhibiční zóny, bez nárůstu <sup>c)</sup>	<u>dobrý účinek</u>
0	nepatrný	bez inhibiční zóny, nárůst téměř zcela potlačen <sup>d)</sup>	<u>na hranici účinnosti</u>
0 0	mírný těžký	bez inhibiční zóny, nárůst snížen o polovinu <sup>e)</sup> bez inhibiční zóny, nárůst snížen nepatrně	<u>nedostatečná účinnost</u>

<sup>a)</sup> Růst bakterií v živném médiu pod vzorkem.

<sup>b)</sup> Rozsah inhibice se bere pouze částečně v úvahu. Velká zóna inhibice může znamenat určité rezervy účinných látek nebo slabou fixaci výrobku k podkladu.

<sup>c)</sup> Absence růstu, a to i bez inhibiční zóny, lze pokládat za dobrý účinek, vzniku inhibiční zóny může bránit nízká difúze účinné látky.

<sup>d)</sup> Téměř bez nárůstu, vymezuje hranici účinnosti.

<sup>e)</sup> Snížení hustoty růstu bakterií množstvím kolonií nebo zmenšením jejich průměru.



#### 2.8.4.4. Chemická odolnost

Za účelem stanovení chemické odolnosti vyvíjených hmot byla prováděna zrychlená zkouška chemické odolnosti dle podnikové normy společnosti Lena Chemical s.r.o., která se také zabývá prodejem a vývojem antibakteriálních hmot. Vzorky polymerních hmot se aplikují malířským štětečkem v silnější vrstvě na acetonem očištěné a osušené laboratorní podkladní sklíčka. Takto připravené vzorky se nechají polymerovat po dobu 7 dní na čisté podložce při teplotě  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , následně se ponoří do uzavíratelné skleněné kyvety obsahující kapalný agresivní roztok. Vzorky se vyjmou a vyfotografují po jednom měsíci od ponoření do roztoků. Na základě vizuálního ohodnocení je materiál po reakci s chemikálií zatříděn dle následující tabulky: [21]

**Tabulka 7** Systém hodnocení chemické odolnosti [21]

*****	hmota nevykazuje žádné změny
*****	odlepení hmoty od sklíčka
*****	hmota nabobtnává
****	barevné změny
***	odlepení hmoty od sklíčka + barevné změny
**	hmota nabobtnává + odlepení od sklíčka +
*	úplné porušení hmoty – trhliny (ztráta

### **3. CÍL PRÁCE**

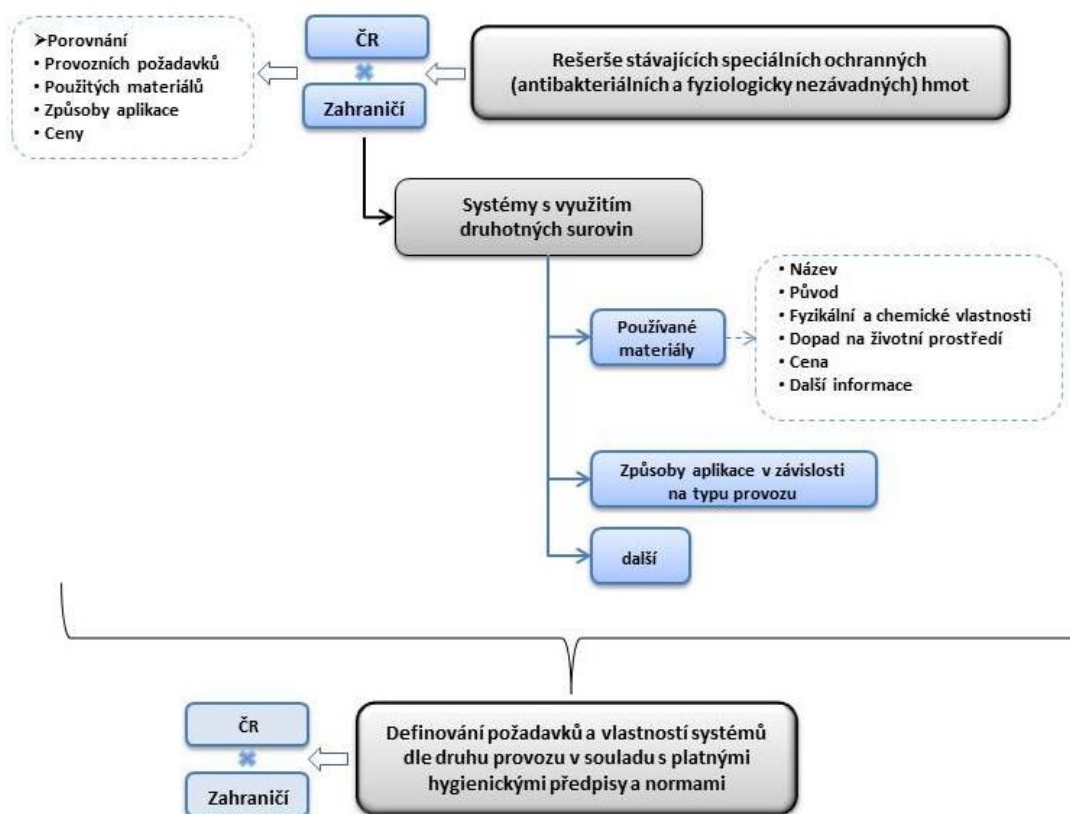
Hlavním cílem diplomové práce (DP) je vyvinout speciální ochranné hmoty na polymerní bázi využitelné pro hygienicky čisté provozy ve dvou kvalitativních úrovních (economy a premium). První z vyvíjených polymerních ochranných hmot je fyziologicky nezávadná – economy, vhodná např. pro vnitřní antikorozi a izolační ochranu kovových a betonových vodojemů, zásobníků na pivo, víno a poživatiny. Druhý, prémiový materiál je antibakteriální, vhodný především pro nátěr podlah nemocnic, kuchyní, sociálních zařízení, škol a školek atd. Dílčím cílem bude prozkoumání možnosti využití některých typů speciálně upravených druhotných surovin a tím snížení výrobních nákladů uvedených hmot a zlepšení ekologických aspektů při výrobě.

## 4. METODIKA PRÁCE

### 4.1.1. Etapa 1.

*Návrh receptur antibakteriální (PREMIUM) a fyziologicky nezávadné (ECONOMY) polymerní hmoty*

ETAPA I.

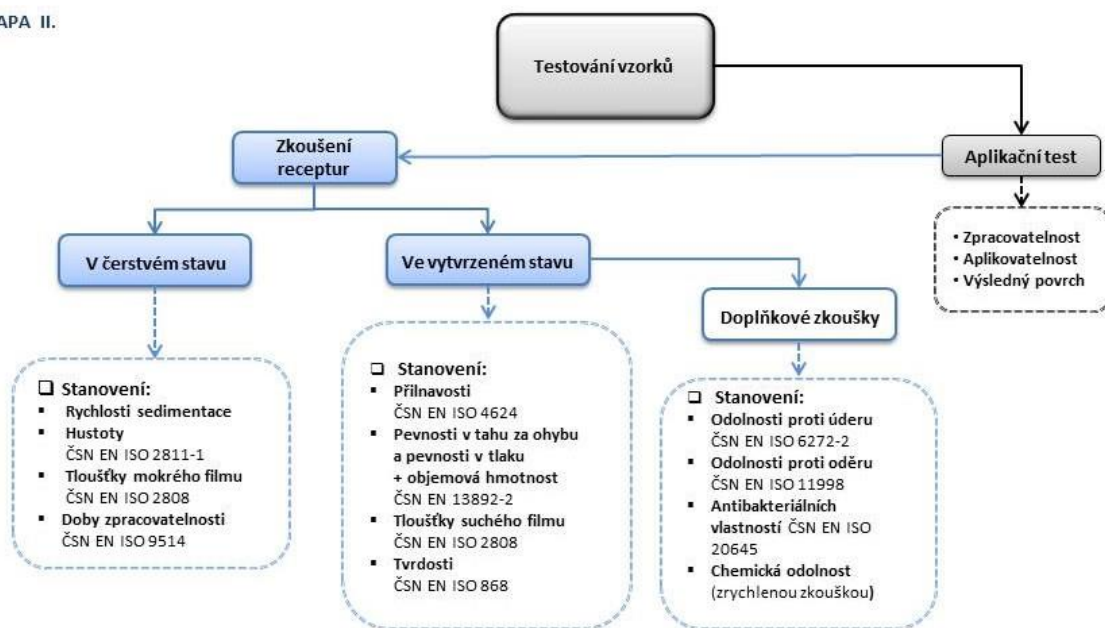


V rámci první etapy bude proveden návrh receptur antibakteriální (PREMIUM) a fyziologicky nezávadné hmoty (ECONOMY). Bude popsán výběr vhodných vstupních surovin včetně druhotných surovin (plnivo), které je nutné před použitím předupravit tak, aby odpovídali primárním plnivům.

#### 4.1.2. Etapa 2.

##### *Návrh metodiky zkoušení a laboratorní prověření navržených receptur*

ETAPA II.

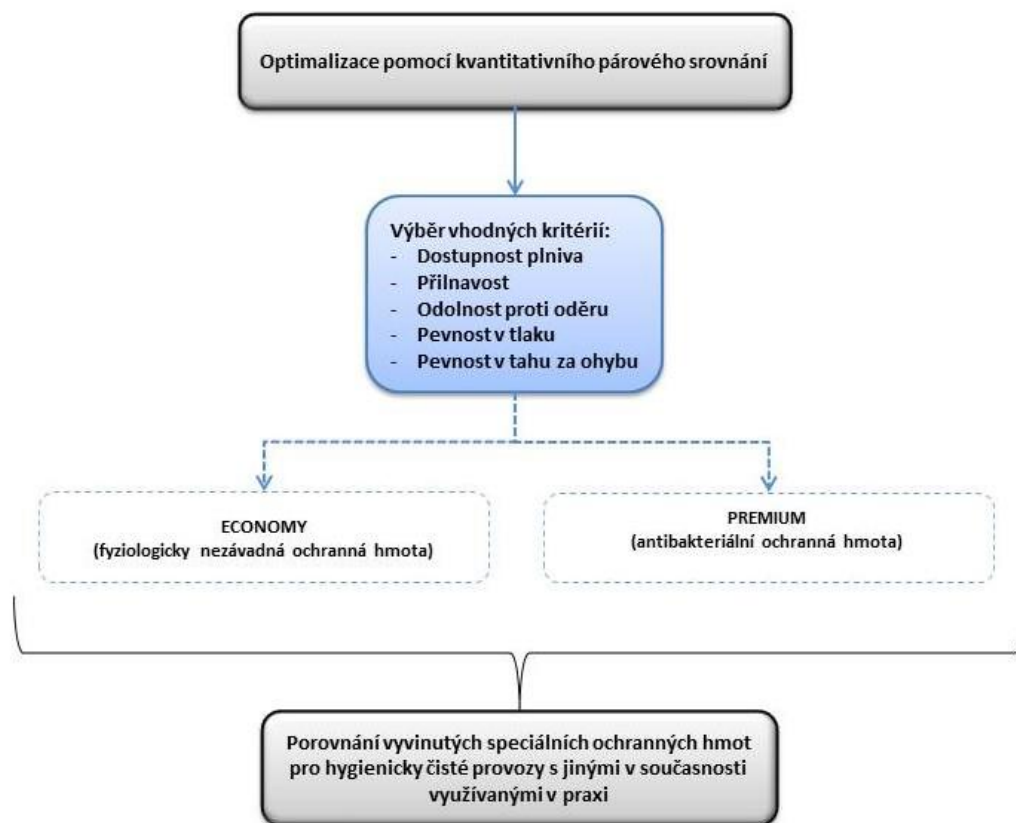


Druhá etapa bude věnována laboratornímu testování vytvořených vzorků antibakteriální potěrové hmoty a fyziologicky nezávadného nátěrového systému dle navržené metodiky zkoušení. V rámci základního laboratorního prověření navržených receptur bude nejprve proveden aplikační test, který hodnotí zpracovatelnost, aplikovatelnost a výsledný povrch vyvíjených polymerních nátěrových hmot. Následovat bude normové zkoušení v čerstvém a ve vytvrzeném stavu. U nejlepších receptur budou provedeny pokročilé (doplňkové) zkoušky.

### 4.1.3. Etapa 3

*Optimalizace a výběr nejúspěšnějších receptur a porovnání s jinými v současnosti využívanými hmotami*

ETAPA III.



Závěrečná etapa obsahuje optimalizaci pomocí kvantitativního párového srovnání, který spočívá ve výběru vhodných hodnotících kritérií jejich vzájemném porovnání. Na základě výsledků zmiňované optimalizační metody je proveden výběr nejlepší receptury pro antibakteriální a fyziologicky nezávadné ochranné hmoty. Výsledné nejlepší hmoty budou porovnány s jinými v současnosti využívanými v praxi.

## 5. PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1. Etapa 1: Návrh receptur fyziologicky nezávadné hmoty (ECONOMY) a antibakteriální hmoty (PREMIUM)

Tato etapa se věnuje návrhu složení receptur speciálních ochranných (antibakteriálních a fyziologicky nezávadných) hmot pro hygienicky čisté provozy, který spočívá především ve výběru vhodných vstupních surovin, včetně surovin druhotných. Z důvodu použití druhotných surovin nastává potřeba řešení jejich předúpravy, kterou se dosahuje požadovaných vlastností a možnosti využití ve vyvíjených hmotách. Závěrečná fáze této etapy se zabývá výrobou zkušebních vzorků.

Celkem jsou vyvíjeny dvě hmoty, které jsou vysoce nízkoviskózní, dvoukomponentní, bezrozpouštědlové na epoxidové bázi, u kterých je možné provést pigmentaci. Tyto hmoty umožňují rychlé zprovoznění povrchu.

První z vyvíjených hmot s označením ECONOMY je použitelná pro vnitřní antikorozi a izolační ochranu kovových vodojemů, zásobníků na pivo, víno a potraviny. Dále na vnitřní izolační ochranu betonových sedimentačních nádrží, čističek odpadních vod, záchytných jímek apod. Možné je také využití této hmoty jako podlahového nátěru v potravinářství, skladech, prodejnách atd. Výsledný povrch disponuje dobrými mechanickými vlastnostmi, odolností proti obrusu, chemickou odolností, fyziologickou nezávadností a stálobarevností. Jako plnivo jsou zde využity pouze druhotné suroviny.

Druhá vyvíjená hmota s označením PREMIUM je plněná antibakteriální hmota, využitelná jako nátěrová hmota na podlahy v provozech nemocnic, potravinářském a farmaceutickém průmyslu, kuchyních apod. Povrchy opatřené tímto materiálem mají antibakteriální účinky, velmi dobré mechanické vlastnosti, odolnost proti water-spottingu, velmi dobrou odolnost vůči chemikáliím, vodotěsnost, stálobarevnost a zároveň jsou snadno čistitelné. Jako plnivo jsou zde využity primární i druhotné suroviny.

Návrh nového systému pro tuto specifickou oblast spočívá především ve využití druhotných surovin jakožto plniva, pojiva zůstávají založena na epoxidové bázi, jelikož jejich vlastnosti se jeví jako nejvhodnější. Zakomponováním druhotných surovin do těchto systémů v první řadě dosáhneme snížení ekologické zátěže a při správném návrhu složení a výroby by došlo také ke snížení ekonomických a energetických nákladů. Použití druhotných surovin zároveň nesnižuje fyzikálně-mechanické vlastnosti a fyziologickou nezávadnost nově navržených nátěrových systémů. [1]

### 5.1.1. Fyziologicky nezávadná hmota ECONOMY

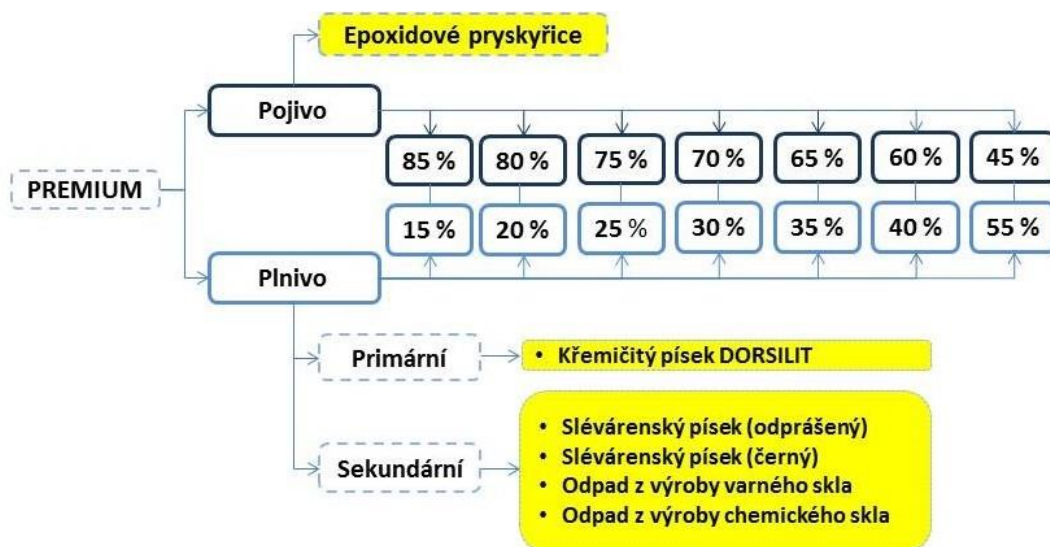
Procentuální složení navržených receptur pro vyvíjenou hmotu s označením ECONOMY uvádí Obr. 8. Pojivo je na bázi epoxidových pryskyřic (EP), plnivo tvoří v plném rozsahu druhotné suroviny.



Obr. 8 Návrh receptur pro přípravu fyziologicky nezávadné hmoty ECONOMY.

### 5.1.2. Antibakteriální hmota PREMIUM

Složení receptury pro navrhovanou hmotu s označením PREMIUM viz Obr. 9. Pojivo je navrženo na bázi epoxidových pryskyřic, plnivo tvoří druhotné suroviny v kombinaci s primárními, přičemž přesné zastoupení bude stanoveno až při reálném zpracování této hmoty. Možnost využití druhotných surovin se bude zkoušet takovým způsobem, aby bylo možné dosáhnout co nejvyššího plnění těmito surovinami bez výrazného ovlivnění požadovaných vlastností.



Obr. 9 Návrh receptur pro přípravu antibakteriální hmoty PREMIUM.

### 5.1.3. Popis jednotlivých složek vyvíjených hmot

#### 5.1.3.1. Polymerní pojivo

Jako polymerní pojiva byla použita nízkoviskózní, dvoukomponentní (složka A – epoxidová pryskyřice, složka B – tvrdidlo na polyaminové bázi), bezrozpouštědlové hmoty na epoxidové bázi. Pojivo určené pro hmotu ECONOMY vykazuje po vytvrzení fyziologickou nezávadnost – je vhodné pro styk s potravinami, druhé pojivo pro přípravu hmoty s označením PREMIUM má antibakteriální vlastnosti.

Tabulka 8 Chemické složení použitých pojiv.

Ozn. hmoty	Složka	Obsažené nebezpečné látky	VOC <sup>1)</sup>	Obsah sušiny
ECONOMY	A	Epoxidová pryskyřice z bisfenolu A a epichlorhydrinu, nízkomolekulární epoxidová pryskyřice na bázi bisfenolu F	Max. 500 g·l <sup>-1</sup>	> 91 hm. %
	B	Benzylalkohol, 3-(aminomethyl)-3,5,5-trimethylcyklohexan-1-amin		
PREMIUM	A	Epoxidová pryskyřice; (alkoxymethyl) oxiran (alkyl C12 – C14); solventní nafta (ropná), lehká aromatická		> 98 hm. %
	B	Karbomocyklická alkylovaná směs poly-aza-alkanů, hydrogenovaná; 1,3-benzendimethanamin reakční produkt se styrenem		

<sup>1)</sup>Jedná se o těkavou organickou látku (VOC - *volatile organic compound*).

#### 5.1.3.2. Plnivo

##### Primární

Primární plnivo v podobě křemičitého písku DORSILIT pomletého pod frakci 0,063 mm bude obsaženo pouze v referenčních srovnávacích vzorcích, u všech ostatních hmot budou použita plniva sekundární – druhotné suroviny upravené tak, aby granulometrie byla stejná jako u referenčního plniva.

##### Sekundární plniva – druhotné suroviny

Druhotné suroviny použitelné jako plnivo do hmot na bázi epoxidových pryskyřic, by být stejně jako primární suroviny především inertní a chemicky a mechanicky odolné. Bylo prokázáno, že na chemickou odolnost má významný vliv obsah oxidu křemičitého (SiO<sub>2</sub>) – vyšší obsah SiO<sub>2</sub> zaručí vyšší chemickou odolnost. Především z tohoto důvodu jsou ve výčtu použitých druhotných surovin zařazeny materiály s předpokládaným vysokým obsahem SiO<sub>2</sub>. [1]



Pro požadavek nízké mocnosti výsledné hmoty byly všechny sekundární plniva pomlety a následně přesity přes síto s velikostí oka 0,063 mm. Ověření zastoupení jednotlivých velikostí částic bylo provedeno pomocí laserového difrakčního přístroje MASTERSIZER 2000, hustota plniv byla zjištěna přístrojem gas pycnometer AccuPyc II 1340 (měření bylo realizováno ve výzkumném centru AdMaS, výsledky jsou uvedeny v tabulkách a grafech u níže popsaných plniv).

### 1. Slévárenský písek čistý, odprášený

Odpadní produkt hutní výroby. Jedná se o odprášený slévárenský písek, který je tak jemný, že se nedá použít pro výrobu forem a proto se musí odprašovat a dále se už nepoužívá. Jedná se tedy o neznečištěný křemičitý písek o velmi jemné zrnitosti.

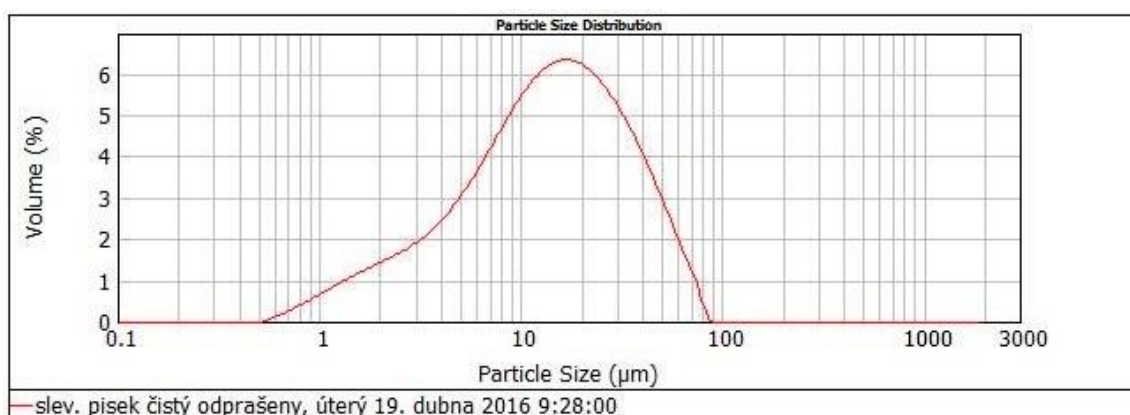


Obr. 10 Slévárenský písek čistý, odprášený (frakce < 0,063 mm).

Tabulka 9 Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti čistého, odprášeného slévárenského písku

Obecné informace	
Název	Slévárenský písek čistý, odprášený
Producent odpadní látky	ZLH Plus, a.s. Zlievárenská 533, 976 45 Hronec
Roční produkce	60 tun
Fyzikální bezpečnost	Ano
Bezpečnost pro zdraví	Ano
Ekologická nezávadnost	Ano
Požadavky na předúpravu	
Separace	Ne
Sušení	Ne
Mletí	Ano
Třídění	Ano
Vlastnosti	
Skupenství	Pevné

Třída reakce na oheň				A1			
Rozpustnost ve vodě				Ne			
Hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]				2 700			
Chemické složení [%]							
Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žháním 1100°C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO
0,07	0,14	95,5	0,261	0,479	0,062	0,007	0,132
MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	ZrO <sub>2</sub>	SrO
0,005	0,05	0,045	<0,001	<0,004	0,004	0,015	<0,006



**Graf 1** Distribuce velikosti částic čistého odprašeného slévárenského písku po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000.

Z grafu lze vyčíst, že slévárenský písek čistý odprašený obsahuje částice o velikosti zrna v rozpětí od 0,5  $\mu\text{m}$  do 90  $\mu\text{m}$ , s největším procentuálním zastoupením částic 10 – 30  $\mu\text{m}$  (43 %).

## 2. Slévárenský písek černý

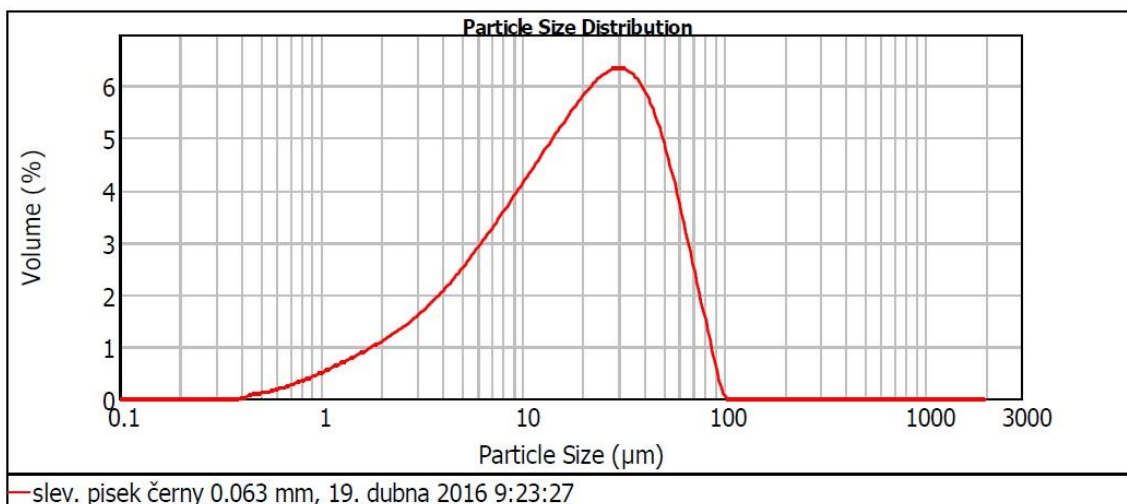
Odpadní produkt hutní výroby, který byl již několikrát použit pro výrobu forem pro odlévání litinových výrobků. Tento písek je už natolik znečištěn, že ho nelze dále pro výrobu forem pro odlévání litiny použít. Obsahuje 94 % SiO<sub>2</sub> a v porovnání s čistým odprašeným pískem je tato hodnota o 1,5 % nižší, referenční písek obsahuje 99,6 % SiO<sub>2</sub>. Z ostatních oxidů je zde přítomno 1,99 % K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O, což může být zapříčiněno vodním sklem, které se používá jako pojivo pro výrobu forem.



**Obr. 11** Slévárenský písek černý (frakce < 0,063 mm).

**Tabulka 10** Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti černého slévárenského písku

Obecné informace							
Název			Slévárenský písek černý				
Producent odpadní látky			ZLH Plus, a.s. Zlievárenská 533, 976 45 Hronec				
Roční produkce			6 600 tun				
Fyzikální bezpečnost			Ano				
Bezpečnost pro zdraví			Ano				
Ekologická nezávadnost			Ano				
Požadavky na předúpravu							
Separace			Ne				
Sušení			Ne				
Mletí			Ano				
Třídění			Ano				
Vlastnosti							
Skupenství			Pevné				
Třída reakce na oheň			A1				
Rozpustnost ve vodě			Ne				
Hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]			2 680				
Chemické složení [%]							
Ztráta sušením (105°C)	Ztráta žíháním 1100°C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO
0,07	0,36	94	1,72	0,387	0,037	0,011	0,174
MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	ZrO <sub>2</sub>	SrO
0,057	1,99	0,27	<0,001	0,081	0,019	0,019	<0,006



**Graf 2** Distribuce velikosti částic černého slévarenského písku po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000.

Pomocí laserové difrakční analýzy se zjistilo, že slévarenský černý písek obsahuje částice o velikosti zrna v rozpětí od 0,4  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , s největším procentuálním zastoupením částic 10 – 40  $\mu\text{m}$  (51 %), což je srovnatelné se slévarenským pískem čistým odprášeným.

### 3. Odpadní sklo NaSX

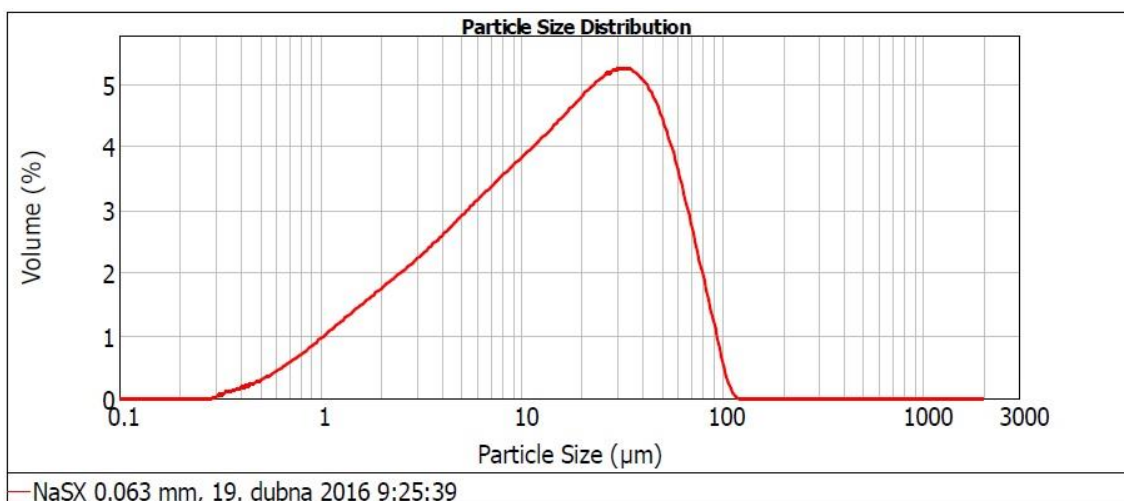
Jedná se o speciální druh borito-křemičitého skla od výrobce skloviny Kavalierglass, a.s. Tento druh skla je podobný varnému sklu Simax, které tato společnost také produkuje.



**Obr. 12** Odpadní sklo NaSX (frakce < 0,063 mm).

**Tabulka 11** Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti odpadního skla NaSX

Obecné informace							
Název				NaSX			
Producent odpadní látky				Kavalierglass, a.s. Sklářská 359, 285 06 Sázava			
Fyzikální bezpečnost				Ano			
Bezpečnost pro zdraví				Ano			
Ekologická nezávadnost				Ano			
Požadavky na předúpravu							
Separace				Ne			
Sušení				Ne			
Mletí				Ano			
Třídění				Ano			
Vlastnosti							
Skupenství				Pevné			
Třída reakce na oheň				A1			
Rozpustnost ve vodě				Ne			
Hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]				2 325			
Chemické složení [%]							
Ztráta sušením (105 °C)	Ztráta žháním 1100 °C	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO
0,1	0,12	78,7	2,94	1,22	0,019	0,022	0,245
MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	ZrO <sub>2</sub>	SrO
0,066	0,155	3,74	<0,002	0,091	0,006	0,036	<0,006



**Graf 3** Distribuce velikosti částic plniva NaSX po pomletí a přesití přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000

Odpad při výrobě skloviny NaSX má zanedbatelně větší rozptyl velikostí zastoupených částic než oba druhy slévarenských písků, konkrétně od 0,3 μm do 103 μm.

#### 4. Odpadní sklo „Vlaštovka“

Plnivo s označením „vlaštovka“ pochází rovněž z výroby sklářské firmy Kavalierglass, a.s. a používá se především pro výrobu chemického skla. Chemické složení je podobné jako u skla NaSX.

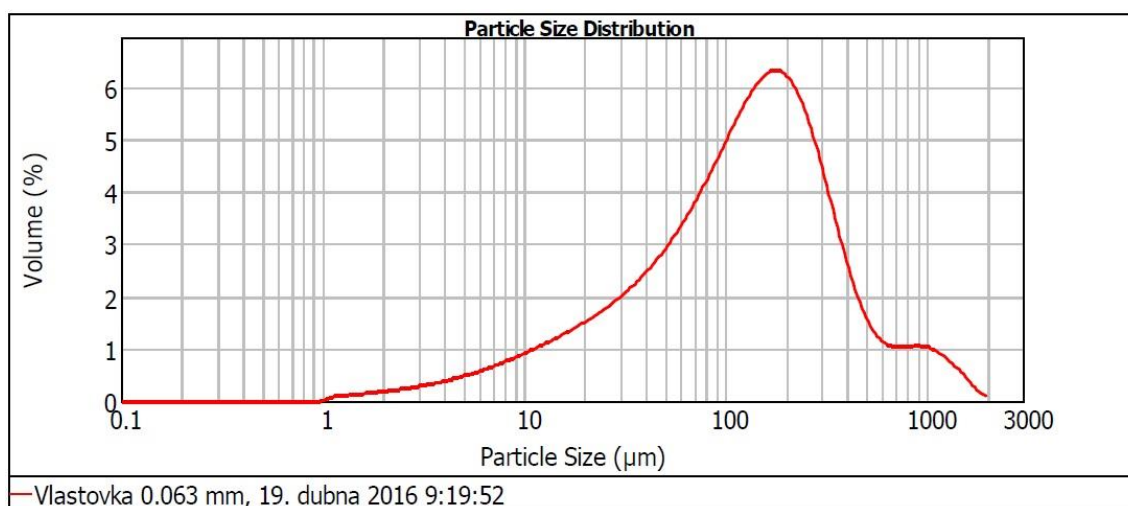


**Obr. 13** Odpadní sklo Vlaštovka (frakce < 0,063 mm).

**Tabulka 12** Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti plniva s označením vlaštovka

Obecné informace	
Název	Vlaštovka
Producent odpadní látky	Kavalierglass, a.s. Sklářská 359, 285 06 Sázava
Fyzikální bezpečnost	Ano
Bezpečnost pro zdraví	Ano
Ekologická nezávadnost	Ano

Požadavky na předúpravu						
Separace				Ne		
Sušení				Ne		
Mletí				Ano		
Třídění				Ano		
Vlastnosti						
Skupenství				Pevné		
Třída reakce na oheň				A1		
Rozpustnost ve vodě				Ne		
Hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]				2 274		
Chemické složení [%]						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O
78,8	2,92	0,504	0,019	0,004	0,1	3,65
MgO	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	ZrO <sub>2</sub>	SrO
0,015	0,136	<0,002	0,053	0,007	0,039	<0,006



**Graf 4** Distribuce velikosti částic plniva s označením vlastovka po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000

Z křivky grafu je viditelné větší zastoupení částic nad 0,063 mm než tomu bylo u přechozích plniv. Příčina této odlišnosti mohla být způsobena odběrem špatné frakce plniva pro účely analýzy. Identická velikost frakcí vybraných plniv je z důvodu nadcházejícího porovnávání jejich vlivu na výsledné vlastnosti hmoty podstatná, a proto bylo plnivo vlastovka preventivně znovu přesito sítem o velikosti oka 0,063 mm.

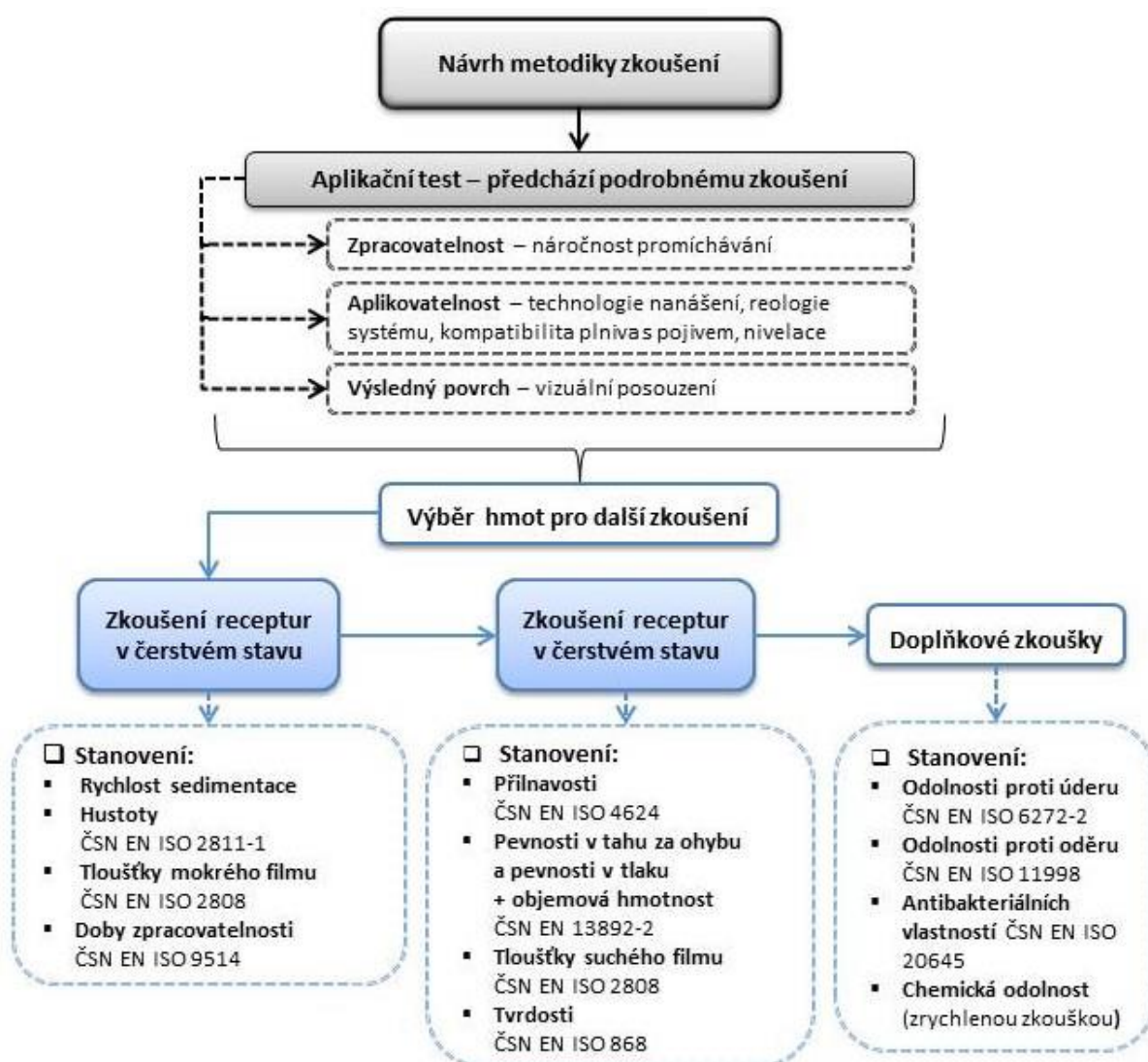


## 5.2. Etapa 2: Návrh metodiky zkoušení a laboratorní prověření navržených receptur

Etapa 2 je věnována návrhu metodiky zkoušení a laboratornímu prověření navržených receptur z předchozí etapy. Nejdříve bude popsána navržená metodika zkoušení, následně bude proveden aplikační test, na jehož základě se vyberou receptury vhodné pro další zkoušení (v čerstvém a zpolymerizovaném stavu) dle navržené metodiky.

### 5.2.1. Návrh metodiky zkoušení

Pro přehlednost byl návrh metodiky zpracován v grafické podobě.





### 5.2.2. Příprava hmot

**ECONOMY** – Referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 2 : 1 při spotřebě  $0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  a dvou vrstvách. Složka A představovala samotnou epoxidovou pryskyřici a složka B tvrdidlo na polyaminové bázi. Navrhované směsi s obsahem druhotného plniva byly namíchány v poměru složek A : B = 1,7 : 1 se spotřebou  $0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Připravená směs byla nanесena na penetrovaný podklad (penetrace hmotou P 102 od Leny Chemical s.r.o., jde o nebarvenou, nízkoviskózní, dvoukomponentní, bezrozpouštědlovou hmotou na EP bázi) ve dvou vrstvách pomocí zubové stěrky.

**Tabulka 13** Navržené receptury hmoty ECONOMY pro aplikační test

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Poznámka
Referenční srovnávací směs 0 - 10 %	–	24,0 již obsahuje plnivo	12,0	2 vrstvy
10	3,6	20,4	12,0	2 vrstvy
20	7,2	18,2	10,6	2 vrstvy
30	10,8	15,9	9,3	2 vrstvy
50	18,0	11,5	6,5	2 vrstvy

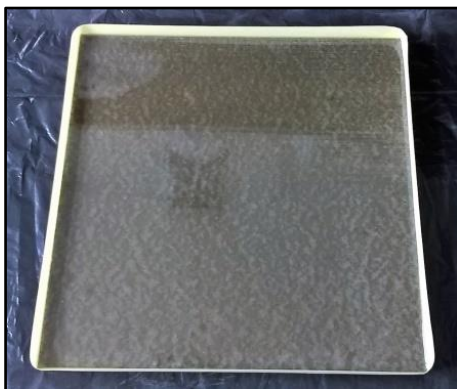
**PREMIUM** - Referenční srovnávací směs byla namíchána v poměru složek pojiva A : B = 4,6 : 1 při spotřebě  $0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  a třech vrstvách. Složka A představovala samotnou epoxidovou pryskyřici a složka B tvrdidlo na polyaminové bázi. Navrhované směsi s obsahem druhotného plniva byly namíchány v poměru složek A : B = 2,5 : 1 se spotřebou  $0,55 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Připravená směs byla nanесena na penetrovaný podklad ve třech vrstvách pomocí zubové stěrky.

**Tabulka 14** Navržené receptury hmoty PREMIUM pro aplikační test

Obsah plniva [% hmotnostní]	Hmotnost plniva [g]	Složka A [g]	Složka B [g]	Poznámka
Referenční srovnávací směs 25 - 35 %	–	40,7 již obsahuje plnivo	8,8	3 vrstvy
20	9,9	28,3	11,3	3 vrstvy
30	14,9	24,8	9,9	3 vrstvy
35	17,3	23,0	9,2	3 vrstvy
40	19,8	21,2	8,5	3 vrstvy

### 5.2.3. Aplikační test

Tento test předchází dalšímu podrobnějšímu zkoušení a jeho smyslem je prvotní zjištění, zda je navrhnutá receptura vhodná pro zamýšlené účely použití. Dle aplikačního testu lze hodnotit tři rozhodující vlastnosti pro další využití. Konkrétně zpracovatelnost, aplikovatelnost a vlastnosti výsledného povrchu. Na základě výsledků tohoto testu se vyberou receptury pro další zkoušení. Před nanesením navržených směsí byly podkladní cementotřískové desky opatřeny vaznou hmotou, viz Obr. 14.



Obr. 14 Cementotřísková deska 30 x 30 cm s nanesenou vaznou hmotou Lena P 102.

#### 1. Zpracovatelnost

První sledovanou vlastností připravovaných hmot je zpracovatelnost. Ta je sledována v okamžiku smíchání plniva s pojivovými složkami. Hodnocena je náročnost zpracování (promíchávání) materiálu, dále zda dochází k promísení jednotlivých složek materiálu plniva, pojiva i tvrdidla, a zda toto zpracování vyžaduje zvýšenou časovou či technickou náročnost. [21]

Tabulka 15 Vyhodnocení zpracovatelnosti navržených receptur hmoty ECONOMY.

Plnivo	Hodnocení zpracovatelnosti v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	10	20	30	50
Slévárenský písek čistý, odprášený	Snadné promíchání složek A + plnivo + B, dochází k dobrému promísení jednotlivých složek, časově i technicky nenáročné	Snadné promíchání složek A + plnivo + B, dochází k dobrému promísení jednotlivých složek, časově i technicky nenáročné	Promíchání složek A + plnivo + B z počátku obtížnější, dochází k dobrému promísení jednotlivých složek, časově i technicky mírně náročné	Promíchání složek A + plnivo + B velmi obtížné, nedochází k dobrému promísení jednotlivých složek, časově i technicky velmi náročné
Slévárenský písek černý				
NaSX				
Vlaštovka				

**Tabulka 16** *Vyhodnocení zpracovatelnosti navržených receptur hmoty PREMIUM.*

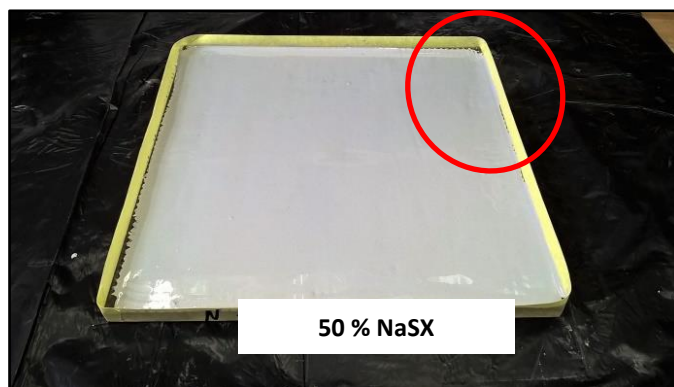
Plnivo	Hodnocení zpracovatelnosti v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	20	30	35	40
<b>Slévárenský písek čistý, odprášený</b>	Snadné promíchání složek A + plnivo + B, dochází k dobrému	Snadné promíchání složek A + plnivo + B, dochází k dobrému	Promíchání složek A + plnivo + B z počátku obtížnější, dochází k dobrému	Promíchání složek A + plnivo + B obtížné, nedochází k dobrému
<b>Slévárenský písek černý</b>	promíslení jednotlivých složek, časově i	promíslení jednotlivých složek, časově i	promíslení jednotlivých složek, časově i technicky	promíslení jednotlivých složek, časově i
<b>NaSX</b>	technicky	technicky	mírně náročné	technicky náročné
<b>Vlaštovka</b>	nenáročné	nenáročné		

## 2. Aplikovatelnost

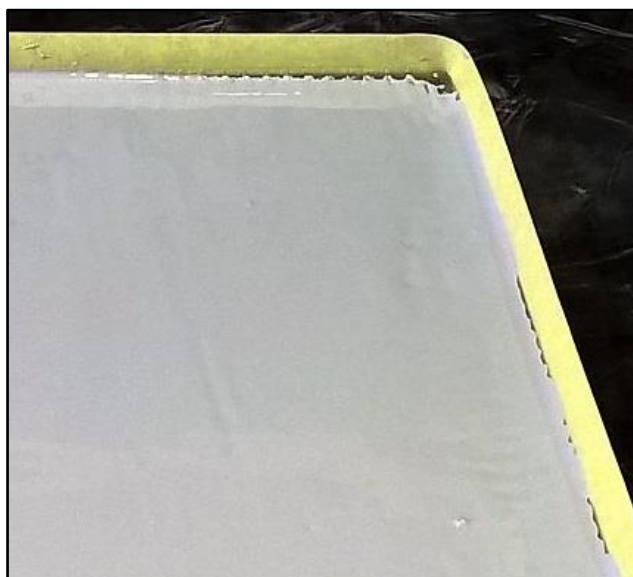
Pro stanovení aplikovatelnosti byla připravená směs nanесena na cementotřískovou desku (30 x 30 cm), technologií aplikace podle doporučení výrobce pojiva pomocí zubové stěrky. Hodnotí se vhodnost doporučené technologie nanášení, reologické vlastnosti systému, kompatibilita plniva s pojivovou složkou, zda se materiál celkově slévá a vyrovnává. [21]

**Tabulka 17** *Systém hodnocení aplikovatelnosti materiálu [21]*

Hodnocení	Popis hodnocení
<b>Vyhovující</b>	Materiál se vyznačuje dobrými reologickými vlastnostmi, je dobře aplikovatelný zubovou stěrkou, nebo štětcem, dochází k rovnoměrnému slnutí povrchu, vyplňuje vymezený prostor.
<b>Nevyhovující</b>	Materiál nevykazuje vyhovující reologické vlastnosti, špatná aplikovatelnost, nedochází k rovnoměrnému slnutí povrchu, nevyplňuje vymezený prostor.



**Obr. 15** Směs s obsahem plniva 50 %, (NaSX). Nevyhovující dle systému hodnocení aplikovatelnosti. Červeně označen detail viz Obr. 16.



**Obr. 16** Detail směsi s obsahem plniva 50 % NaSX, materiál nevyplňuje vymezený prostor, zůstávají stopy po zubové stěrce – nedochází k rovnoměrnému slinutí povrchu.



**Obr. 17** Směs s obsahem plniva 20 %, (slévárenský písek čistý odprášený). Vyhovující dle systému hodnocení aplikovatelnosti.

**Tabulka 18** *Vyhodnocení aplikovatelnosti navržených receptur pro hmotu ECONOMY*

Plnivo	Hodnocení aplikovatelnosti v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	10	20	30	50
Slévárenský písek čistý, odprášený	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující
Slévárenský písek černý				
NaSX				
Vlaštovka				

**Tabulka 19** *Vyhodnocení aplikovatelnosti navržených receptur pro hmotu PREMIUM*

Plnivo	Hodnocení aplikovatelnosti v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	20	30	35	40
Slévárenský písek čistý, odprášený	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující
Slévárenský písek černý				
NaSX				
Vlaštovka				

### 3. Výsledný povrch

Jde pouze o vizuální posouzení, avšak hodnocení výsledného povrchu je důležitou součástí aplikačních testů. Povrch se hodnotí po sedmi dnech na zpolymerované směsi. Sleduje se, jestli výsledný materiál dosahuje požadovaných vlastností povrchu, který by měl být hladký, lesklý, neměly by v něm být důlky, fleky a také nesmí docházet k oddělování pojivové složky a plniva. [21]

**Tabulka 20** *Systém hodnocení pro výsledný povrch materiálu. [21]*

Hodnocení	Popis hodnocení
<b>Vyhovující</b>	Výsledný povrch je hladký, lesklý, bez důlků a fleků, nedochází k separaci pojiva a plniva.
<b>Nevyhovující</b>	Výsledný povrch je nerovný, nejednotný, jsou viditelné fleky (segregace pigmentů), vykazuje nerovnoměrné rozložení pojiva a plniva.

**Tabulka 21** *Vyhodnocení výsledného povrchu hmoty ECONOMY.*

Plnivo	Hodnocení výsledného povrchu v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	10	20	30	50
Slévárenský písek čistý, odprášený	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující
Slévárenský písek černý	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
NaSX	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
Vlaštovka	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující

**Tabulka 22** *Vyhodnocení výsledného povrchu hmoty PREMIUM.*

Plnivo	Hodnocení výsledného povrchu v závislosti na obsahu plniva [% hmotnostní]			
	20	30	35	40
Slévárenský písek čistý, odprášený	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
Slévárenský písek černý	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
NaSX	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
Vlaštovka	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující

### **Výsledky aplikačního testu**

Na základě aplikačního testu, který zahrnoval sledování zpracovatelnosti, aplikovatelnosti a hodnocení výsledného povrchu se jeví jako nejvhodnější dále ověřovat pokročilé vlastnosti receptur s hmotnostním plněním 10 % (slévárenský písek černý), 20 % (NaSX), 30 % (slévárenský písek čistý odprášený a odpadní sklo vlaštovka) pro fyziologicky nezávadnou hmotu ECONOMY. U antibakteriální hmoty PREMIUM budou dále zkoušeny receptury s hmotnostním plněním 30 % (slévárenský písek čistý, odprášený; slévárenský písek černý a NaSX) a s obsahem plniva 35 % (odpadní sklo vlaštovka). Vzhledem k srovnatelné zpracovatelnosti a aplikovatelnosti těchto hmot rozhodl až výsledný vzhled o tom, které konkrétní budou dále testovány. Zařazení 50% plnění materiálu bylo spíše jen informativní, neboť se dalo předpokládat, že pro ochrannou hmotu s nízkou mocností vrstvy bude toto množství plniva nevhodné.

#### 5.2.4. Zkoušení vzorků v čerstvém stavu

##### 1. Rychlost sedimentace

Laboratorní zkumavky naplněné směsí pojiva a plniva (bez tvrdidla) byly každé tři dny po dobu jednoho měsíce vizuálně kontrolovány a foceny. Výsledky kontrol jsou zapsány v tabulkách, na jejich základě byly vzorky zařazeny do skupin sedimentace (viz Tabulka 5 *Systém hodnocení sedimentace*). Navržené vzorky hmoty ECONOMY podléhají sedimentaci v minimální míře. Všechny vzorky obsahující plnivo dosáhly hodnoty 2, což je první stupeň sedimentace. Referenční srovnávací směs a pojivo neobsahující plnivo zůstaly na hodnotě 1, tzn. bez pozorovatelných změn a známky sedimentace.

Tabulka 23 *Hodnocení sedimentace hmoty ECONOMY.*

Plnivo	Doba trvání zkoušky [dny]										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
REF	1 <sup>a)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 % slévár. písek černý	1	1	1	2 <sup>b)</sup>	2	2	2	2	2	2	2
20 % NaSX	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
30 % slévár. písek čistý	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
30 % vlašťovka	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
a) Vzorek bez pozorovatelných změn, žádná známka sedimentace.											
b) Počátky sedimentace: změna barevného odstínu, náznak separace vrstev.											



**Obr. 18** Vývoj sedimentace u hmoty ECONOMY. Fotografie pořízeny (zleva) v den připravení vzorků, po 30 a po 120 dnech. Vzorky zleva: referenční srovnávací směs, pojiva bez přidaného plniva, 10 % slévárenský písek černý, 20 % NaSX, 30 % slévárenský písek čistý, odprášený a 30 % vlašťovka.

Sedimentace u navržených receptur hmoty PREMIUM, ale i u referenční srovnávací směsi a pojiva bez přidaného plniva dosáhla po třicetidenním pozorování maximálních hodnot. Vývoj sedimentace je zřetelný z Tabulky 24. Mírou a rychlostí sedimentace se referenční srovnávací směsí nejvíce přiblížil vzorek s obsahem 30 % plniva NaSX.

**Tabulka 24** Hodnocení sedimentace hmoty PREMIUM

Plnivo	Doba trvání zkoušky [dny]										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
REF	1 <sup>a)</sup>	2 <sup>b)</sup>	3 <sup>c)</sup>	4 <sup>d)</sup>	5 <sup>e)</sup>	5	5	5	5	5	5
-	1	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5
30 % NaSX	1	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5
30 % slévár. písek černý	1	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5
30 % slévár. písek čistý	1	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5
35 % vlašťovka	1	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5

a) Vzorek bez pozorovatelných změn, žádná známka sedimentace.

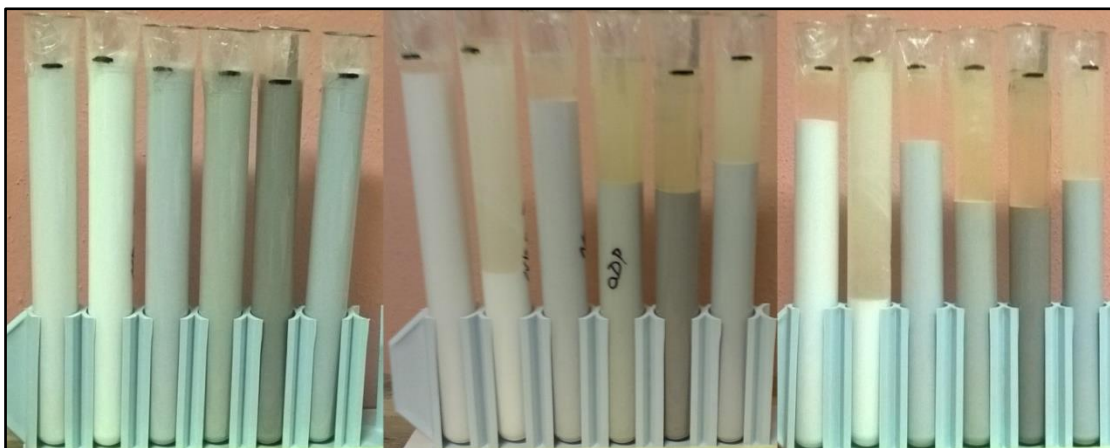
b) Počátky sedimentace: změna barevného odstínu, náznak separace vrstev.

c) Lehce pozorovatelné známky sedimentace pouhým okem (hranice vrstev, barva).

d) Jasně pozorovatelná sedimentace: barva, jasné hranice jednotlivých vrstev, možnost určení separovaných vrstev.

e) Výrazná sedimentace, separování jednotlivých složek disperzní soustavy.





**Obr. 19** Vývoj sedimentace u hmoty PREMIUM. Fotografie pořízeny (zleva) v den připravení vzorků, po 30 a po 120 dnech. Vzorky zleva: referenční srovnávací směs, pojiva bez přidaného plniva, 30 % NaSX, 30 % slévárenský písek čistý, odprášený, 30 % slévárenský písek černý a 35 % vlašťovka.

## 2. Hustota

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2811-1 *Nátěrové hmoty - Stanovení hustoty - Část 1: Pyknometrická metoda*.

Hustota čerstvé směsi (v technických listech uváděna specifická hmotnost při 20 °C [ $\text{kg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]) byla zjištěna odlitím připravené hmoty do PVC kelímku o objemu 20 ml. Tento postup byl z ekonomických důvodů zvolen jako alternativa k normové zkoušce, při které jsou použity pyknometry.

**Tabulka 25** Hodnoty hustot čerstvých směsí.

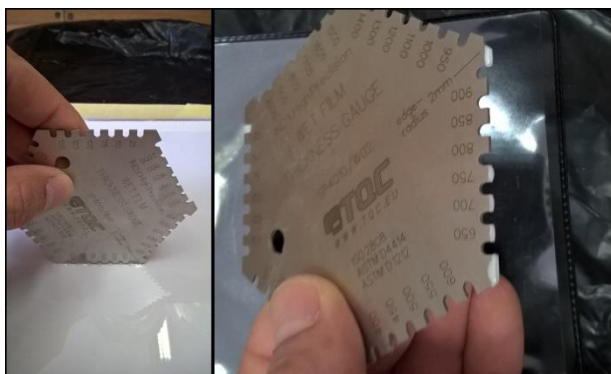
ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]	1,3	1,2	1,3	1,3	1,4
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4

Výrobce uvádí v technickém listě specifickou hmotnost při 20 °C  $1,2 \text{ kg}\cdot\text{l}^{-1}$  pro hmotu ECONOMY a  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{l}^{-1}$  u hmoty PREMIUM.

### 3. Tloušťka mokrého filmu

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*.

Měření proběhlo u každého vzorku směsi na pěti různých místech pomocí měřicího hřebene.



Obr. 20 Stanovení tloušťky mokrého filmu pomocí měřicího hřebene.

Poslední smočený zub měřicího hřebene určil tloušťku mokrého filmu v daném místě měření.

Tabulka 26 Hodnoty tlouštěk mokrého filmu.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Tloušťka [μm]	720	730	720	740	710
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Tloušťka [μm]	1260	1300	1360	1320	1340

Rozdílnost tlouštěk mokrých filmů u vyvíjených hmot je způsobena rozdílným počtem vrstev nátěrů. Hmoty ECONOMY byla nanášena pouze ve dvou vrstvách, zatímco hmota PREMIUM ve třech. Směsi hmoty PREMIUM mají větší dávkování na m<sup>2</sup> oproti hmotě ECONOMY, z tohoto důvodu mají i jednotlivé vrstvy větší tloušťku.

### 4. Doba zpracovatelnosti

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 9514 *Nátěrové hmoty - Stanovení doby zpracovatelnosti kapalných systémů - Příprava a kondicionování vzorků a směrnice pro zkoušení*.

Do nádoby bylo vloženo 300 ml směsi. V časových intervalech byly odebrány vzorky směsi a hodnoceny sledované vlastnosti dle přílohy B. Sledované vlastnosti pro epoxidové pryskyřice jsou viskozita a aplikovatelnost. Doba zpracovatelnosti byla u hmoty ECONOMY stanovena na 40 minut, u hmoty PREMIUM 20 minut. Doby zpracovatelností obou vyvíjených hmot se shodují s referenčními srovnávacími směsmi. Použitá plniva neměla vliv na dobu zpracovatelnosti. Zkouška byla prováděna při laboratorní teplotě.

## 5.2.5. Zkoušení vzorků ve zpolymerizovaném stavu

### 5.2.5.1. Přilnavost

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 4624 *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti*.

Pro zkoušku přilnavosti byly použity dva typy přístrojů. U první metody s použitím přístroje Elcometer 506 docházelo k porušení na rozhraní lepidlo – povrch měřeného nátěru a zkouška tedy nebyla platná (použitelná). Důvodem nevhodného porušení bylo nekvalitní lepidlo, dále z výsledků této zkoušky vyplývá, že je vhodná (použitý přístroj) pouze pro velice tenké povlaky. Druhá metoda, využívající odtrhoměr DYNA PROCEQ a terče o průměru 50 mm, byla již platná (použitelná). U všech zkoušených hmot došlo k porušení v podkladním betonu.



**Obr. 21** V levé části přístroj Elcometer 506, uprostřed obrázku jsou nalepené a obřezané terče pro zkoušku přilnavosti přístrojem DYNA PROCEQ, vpravo odtržené terče (porušení v podkladním betonu).

Tabulka 27 Hodnoty přílnavosti zjištěné pomocí odtrhoměru DYNA PROCEQ.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlaštovka
Přílnavost [MPa]	3,51	2,07	4,34	1,76	4,76
Místo porušení - beton [mm]	2-6	1	3-5	1-2	3-6
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlaštovka
Přílnavost [MPa]	2,36	2,11	4,24	2,16	2,30
Místo porušení - beton [mm]	1	2-6	2-5	2-5	2-4

Nižší naměřené hodnoty u některých hmot jsou způsobeny špatnou kvalitou podkladních betonových dlaždic, nicméně k porušení došlo vždy v betonu, tudíž je zkouška platná.

#### 5.2.5.2. Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku

Stanovuje se podle normy ČSN EN 13892-2 *Zkušební metody potěrových materiálů – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku.*

Za účelem minimalizace spotřeby polymerního nátěru byly pro pevnostní zkoušky použity trámečky o rozměrech 20 x 20 x 100 mm oproti definici normy (ČSN EN 13892-2) 40 x 40 x 160 mm.



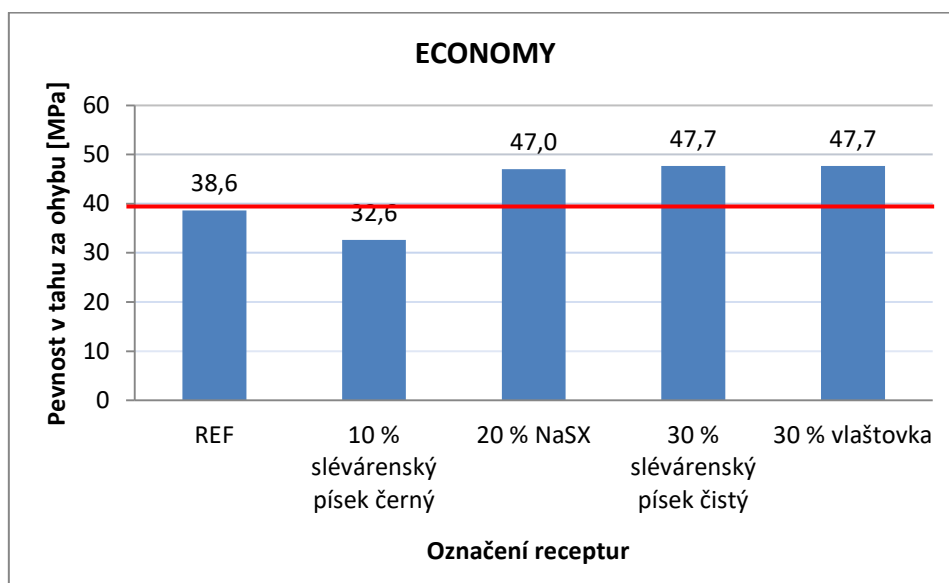
Obr. 22 U vzorků hmoty ECONOMY došlo během zkoušky pevnosti v tahu za ohybu ke křehkému lomu.

Na vzorcích byly zkoušeny sedmidenní pevnosti. Nárůst pevnosti v tlaku i pevnosti v tahu za ohybu po sedmi dnech by měl být minimální, jelikož polymerní nátěr by měl být za tuto dobu již plně zpolymerizovaný (ztvrdnutý) a materiál lze po sedmi dnech plně zatěžovat.

- **Zkouška pevnosti v tahu za ohybu**

### **Hmota ECONOMY**

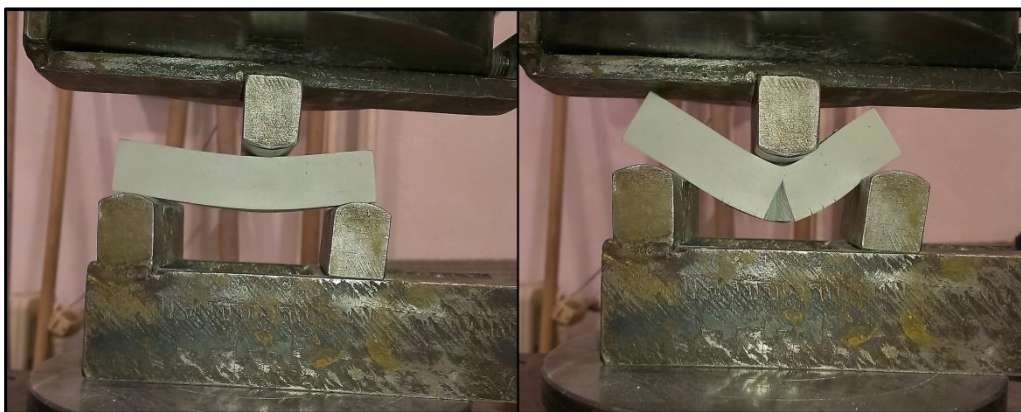
Z grafu č. 5 lze vysledovat závislost nárůstu pevnosti v tahu za ohybu při rostoucím množství plniva (vliv může mít i použitý druh plniva). Referenční srovnávací vzorek (plnění 0 – 10 %) a slévárenský písek černý (plnění 10 %) nedosáhly pevnosti deklarované výrobcem referenční směsi, naopak směsi s hmotnostním plněním 20 % (NaSX) a 30 % (slévárenský písek čistý a vlaštovka) tuto hodnotu překročily. Deklarovanou pevnost výrobcem u referenční na trhu dostupné hmoty v technickém listu (40 MPa) znázorňuje červená přímka.



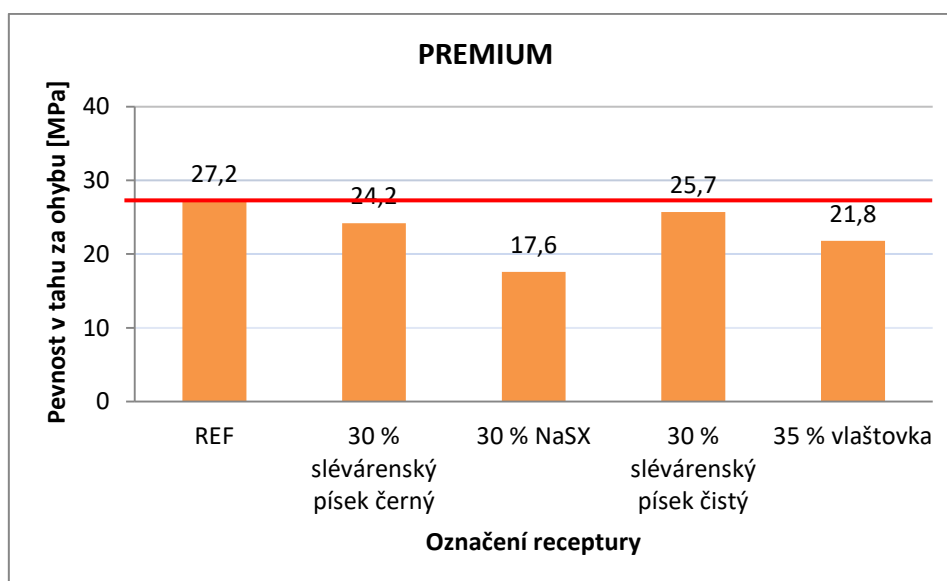
**Graf 5** Pevnosti v tahu za ohybu referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty ECONOMY po 7 dnech.

### **Hmota PREMIUM**

Na Obr. 23 je možné vidět zřetelný průhyb při zkoušce pevnosti v ohybu, hmota PREMIUM tedy pravděpodobně (nezkoušeli jsme to – jen předpokládáme) vykazuje nižší modul pružnosti než hmota ECONOMY, u které docházelo během zkoušky ke křehkému lomu, a nebyla zaznamenána mez kluzu.



**Obr. 23** Vzorek hmoty PREMIUM během zkoušky pevnosti v tahu za ohybu.



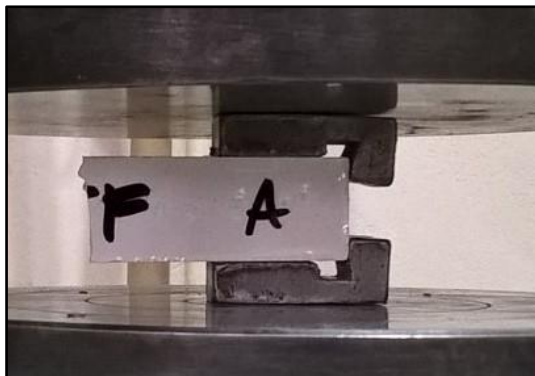
**Graf 6** Pevnosti v tahu za ohybu referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty PREMIUM po 7 dnech.

Z grafického vyhodnocení pevností v tahu za ohybu nelze vysledovat závislost pevnosti na množství plniva obsaženém ve směsi. Hodnoty pevností všech vzorků byly pod hranicí 27,2 MPa, která byla naměřena u referenční srovnávací směsi.

- **Zkouška pevnosti v tlaku**

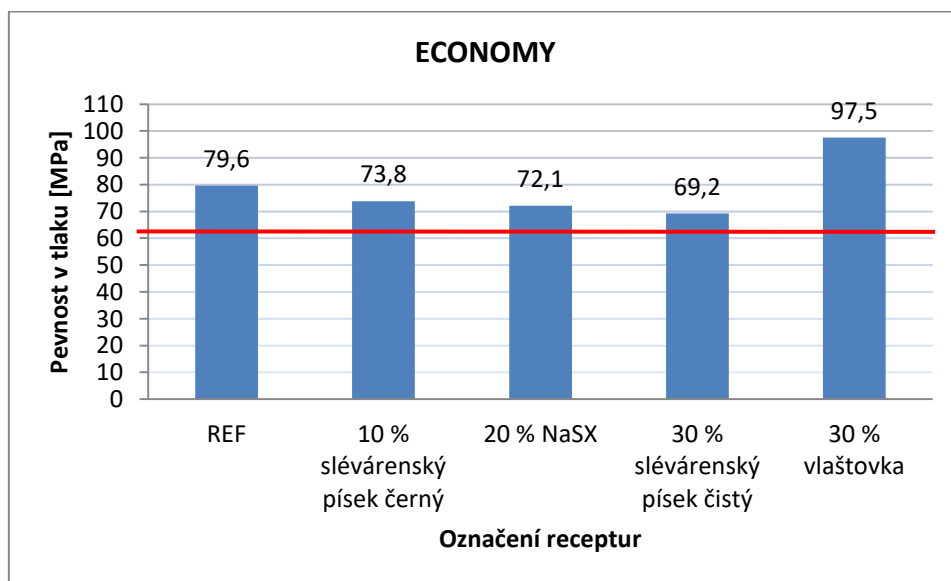
Pro tuto zkoušku byly použity úlomky zkušebních těles ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu.

#### **Hmota ECONOMY**



**Obr. 24** Referenční srovnávací vzorek hmoty ECONOMY během zkoušky pevnosti v tlaku.

Z výsledků pevností v tlaku je vidět, že nejvyšší hodnota byla zaznamenána u směsi obsahující 30 % odpadního skla vlašťovka. Oproti pevnosti v tahu za ohybu, kde bylo možné určit závislost pevnosti na množství plniva, je u pevnosti v tlaku zřejmé, že množství a druh plniva nemá na sledovanou vlastnost vliv. Referenční hmota by měla dle technického listu výrobce dosahovat pevnosti v tlaku 62 MPa, tuto hodnotu výrazně převyšuje. Jelikož i hmoty obsahující druhotné plniva dosáhly deklarované hranice pevnosti, budou všechny tyto plniva zařazeny do doplňkového zkoušení.



**Graf 7** Pevnosti v tlaku referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty ECONOMY po 7 dnech.

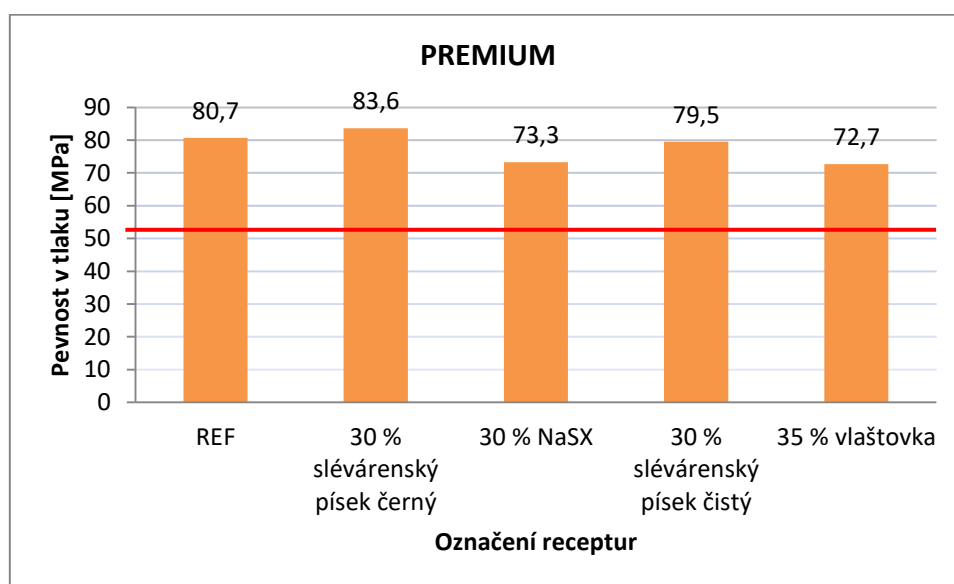


## Hmota PREMIUM



Obr. 25 Referenční srovnávací vzorek hmoty PREMIUM během zkoušky pevnosti v tlaku.

Na Obr. 25 je zachycena deformace referenčního srovnávacího vzorku během zkoušky pevnosti v tlaku. Udávanou pevnost v tlaku výrobcem u referenční na trhu dostupné hmoty v technickém listu (52 MPa) překročili všechny směsi hmoty PREMIUM viz Graf 8. Z naměřených hodnot nelze určit závislost pevnosti v tlaku na obsahu plniva.



Graf 8 Pevnosti v tlaku referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty PREMIUM po 7 dnech.



#### 5.2.5.3. Stanovení tloušťky nátěru

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 2808 *Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru*.

Pro stanovení tloušťky suchého filmu byl použit přístroj Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P. I. G.), viz Obr. 26.



**Obr. 26** Přístroj Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P. I. G.) pro měření tloušťky suchého nátěru (vlevo poloha měřícího zařízení při provádění řezu, vpravo měření tloušťky nátěru).

Místo měření se pro lepší rozlišení označí fixem, následně se prořízne nátěr až do podkladní vrstvy, odečte počet dílků (div) vymezující provedený řez v nátěru a převede se na tloušťku v  $\mu\text{m}$  dle tabulky uvedené v manuálu přístroje.

**Tabulka 28** Hodnoty tlouštěk suchých nátěrů.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Tloušťka [ $\mu\text{m}$ ]	700	690	700	710	690
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Tloušťka [ $\mu\text{m}$ ]	1220	1240	1310	1240	1300

U referenční srovnávací směsi hmoty ECONOMY výrobce v technickém listě uvádí tloušťku jedné vrstvy 200–400  $\mu\text{m}$ . Zkoušené nátěry hmoty ECONOMY byly nanесeny ve dvou vrstvách a tloušťka tak odpovídá rozmezí deklarovanému výrobcem referenční hmoty. Pro referenční hmotu PREMIUM není v technickém listě rozsah tloušťky jedné vrstvy nátěru určen, avšak naměřené hodnoty odpovídají, neboť tyto směsi byly nanесeny ve třech vrstvách a oproti hmotě ECONOMY bylo použito vyšší dávkování na  $\text{m}^2$ . Při polymerizaci docházelo k mírnému vzlínání hmoty na papírovou pásku (zábrana proti stékání hmoty) po obvodu podkladní desky, což má za následek mírný pokles tloušťky suchého nátěru oproti mokrému.

#### 5.2.5.4. Tvrdost

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 868 *Plasty a ebonit – Stanovení tvrdosti vtlačováním hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore)*.



**Obr. 27** Měření tvrdosti pomocí tvrdoměru DUROMETER SHORE D.

Tvrdost povrchů zhotovených hmot byla stanovena pomocí tvrdoměru DUROMETER SHORE D. Hrot tvrdoměru byl vtlačen do povrchu materiálu na pěti různých místech. Mezi tvrdostí a hloubkou vtlačení hrotu platí nepřímá úměra. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 29.

**Tabulka 29** Hodnoty tvrdostí, měřeno metodou Shore D.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Tvrdost Shore D	87	87	86	87	87
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Tvrdost Shore D	81	81	81	80	79

Tvrdost je ovlivněna modulem pružnosti a visko-elastickými vlastnostmi materiálu, z tohoto důvodu lze přiřadit nižší hodnoty modulu pružnosti hmotě PREMIUM.

### 5.2.6. Doplnkové zkoušky

V konkrétních provozech jsou po vyvíjených hmotách požadovány další vlastnosti, které je nutné ověřit. Pro tyto účely byly k běžným zkouškám zařazeny zkoušky doplňkové, kterým patří i velmi nákladné ověření antibakteriálních vlastností (bude provedeno pouze u hmot, které mají vykazovat antibakteriální účinky).

#### 5.2.6.1. Odolnost proti úderu

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 6272-2 *Nátěrové hmoty – Zkoušky rychlou deformací (odolnost proti úderu) – Část 2: Zkouška padajícím závažím, malá plocha úderníku*.

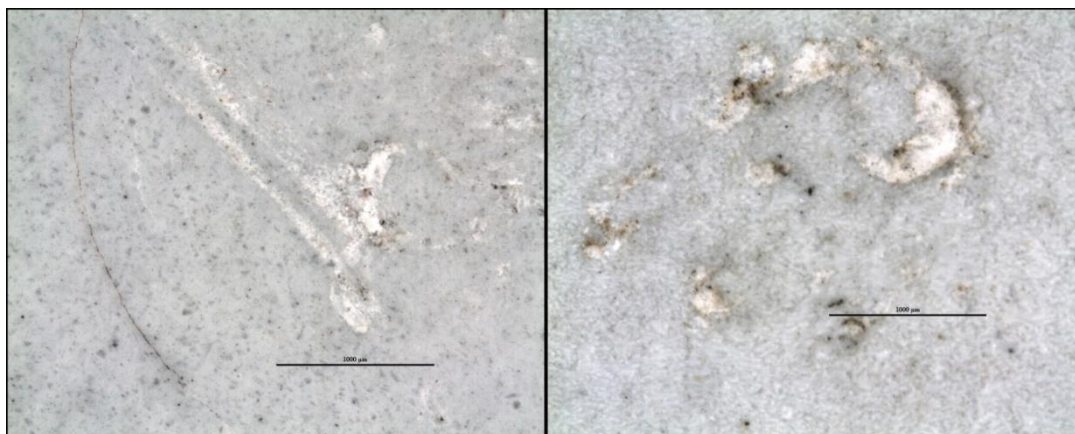


Obr. 28 Zkušební zařízení pro zjištění odolnosti proti úderu.

Zkušební vzorek byl umístěn pod úderník (150 g), na který bylo spouštěno závaží o hmotnosti 1 kg. Vzdálenost závaží od úderníku se postupně navyšovala, dokud nedošlo k viditelnému poškození povrchu vzorku.

Tabulka 30 Hodnoty odolností proti úderu.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Odolnost proti úderu	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Odolnost proti úderu	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Pozn. hodnota odolnosti proti úderu udává moment síly v N·m, při kterém dojde k poškození povrchu.					



**Obr. 29** Poškození povrchů vyvíjených hmot pořízené optickým mikroskopem (vykreslena hodnota 1000 µm).

V levé části obrázku je zachyceno poškození hmoty ECONOMY (s hmotnostním obsahem plniva vlašťovka 30 %), v pravé části hmota PREMIUM (s hmotnostním obsahem plniva vlašťovka 35 %). Na pořízených snímcích je u hmoty ECONOMY dobře viditelná kruhovitá prasklina v blízkosti dopadu úderníku. U hmot PREMIUM se praskliny tohoto typu nenacházely. Díky vyššímu modulu pružnosti dosahuje hmota ECONOMY nižších hodnot odolnosti proti úderu – dochází k popraskání povrchu při spouštění závaží na úderník z menších vzdáleností, než u hmoty PREMIUM, tzn. hmota PREMIUM je pružnější a vykazuje větší odolnost proti úderu.

#### 5.2.6.2. Odolnost proti oděru

Stanovuje se podle normy ČSN EN ISO 11998 *Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti proti oděru za mokra a stanovení čistitelnosti*.

Zkoušené vzorky byly zváženy a vystaveny 200 cyklům odírání za mokra ve zkušebním odíracím zařízení. Po dokončení odírání byly vzorky omyty, osušeny a zváženy. Výsledkem zkoušky je úbytek hmotnosti v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 31.

**Tabulka 31** Hodnoty odolností proti oděru.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek čistý	30 vlašťovka
Úbytek hmotnosti [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	82,83	68,66	79,00	73,83	87,50
PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek čistý	35 vlašťovka
Úbytek hmotnosti [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	72,80	37,16	53,00	39,33	36,66

Všechny vzorky obou vyvíjených hmot vykazovaly menší úbytek hmotnosti než referenční srovnávací směsi, výjimkou byl pouze vzorek hmoty ECONOMY s 30% obsahem plniva vlaštovka. Z provedené zkoušky lze usoudit, že použité množství a druh plniv nemá na ohrusnost negativní vliv. U hmoty PREMIUM dokonce došlo k výraznému snížení úbytku hmotnosti.

#### 5.2.6.3. Antibakteriální vlastnosti

Antibakteriální vlastnosti byly ověřovány na antibakteriální hmotě PREMIUM. Tato zkouška má za úkol prověřit, zda využití druhotných surovin jako plniva má na antibakteriální aktivitu vliv. Podstata antibakteriální aktivity ochranných hmot spočívá v typu a množství použitého antibakteriálního činidla. Tato informace o složení je pochopitelně výrobním tajemstvím společnosti.

Postup zkoušení je uveden v normě ČSN EN ISO 20645 – Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou (podstata zkoušky popsána v teoretické části – 2.8.4.3. Antibakteriální vlastnosti). Výsledky zkoušky jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 32** Výsledky antibakteriální aktivity hmoty PREMIUM.

Plnivo	REF	REF (bez antibakteriální složky)	NaSX	Vlaštovka
Růst bakterií	Žádný	Žádný	Žádný	Žádný
Účinek	Dobrý	Na hranici účinnosti	Dobrý	Dobrý

Testovací kmeny (bakterie Escherichia coli a Staphylococcus aureus) nepřežívají na referenčním materiálu ani na upravených vzorcích. Všechny testované receptury hmoty PREMIUM tedy vyhověly a prokázaly antibakteriální účinky – tzn. použité druhotné suroviny jako plnivo, nemají vliv na antibakteriální aktivitu vyvíjené ochranné hmoty.

#### 5.2.6.4. Chemická odolnost

Stanovení chemické odolnosti vyvíjených hmot bylo provedeno zrychlenou zkouškou chemické odolnosti dle podnikové normy společnosti Lena Chemical s.r.o.

Směsi polymerních hmot byly nanášeny (ve vrstvě přibližně 2 mm) na acetonem očištěné a osušené mikroskopické sklíčka. Po sedmi dnech se připravené vzorky vložily do uzavíratelných kyvet, kde byly po dobu jednoho měsíce ponořeny (zhruba do dvou třetin výšky nanášeného nátěru) do různě agresivních prostředí.



**Obr. 30** Vzorky uložené do uzavíratelných kyvet v rozdílně agresivních kapalných prostředích.

Mezi zvolenými prostředími byly použity kapaliny, u kterých neproběhla žádná úprava a byly jimi destilovaná voda, pivo a benzín. Tyto kapaliny reprezentují různé typy prostředí, do kterých je zamýšleno využití vyvíjených hmot. Ostatní média byla připravena, např. 10% roztok NaCl smícháním 5,56 g NaCl s 50 g vody, zředěním 12,9 g 70%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  s 37,1 g vody vznikla 40%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  atd. Výsledky chemické odolnosti jsou hodnoceny dle následující tabulky:

**Tabulka 33** Systém hodnocení chemické odolnosti [21]

*****	hmota nevykazuje žádné změny
*****	odlepení hmoty od sklíčka
*****	hmota nabobtnává
****	barevné změny
***	odlepení hmoty od sklíčka + barevné změny
**	hmota nabobtnává + odlepení od sklíčka +
*	úplné porušení hmoty – trhliny (ztráta

**Tabulka 34** Vyhodnocení chemické odolnosti – hmota ECONOMY.

ECONOMY	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	10 slév. písek černý	20 NaSX	30 slévár. písek odprášený	30 vlaštovka
10% NaCl	*****	*****	*****	*****	*****
pivo	*****	*****	*****	*****	*****
destilovaná voda	*****	*****	*****	*****	*****
benzín	*****	*****	*****	*****	*****
40% NaOH	*****	*****	*****	*****	*****
40% $\text{H}_2\text{SO}_4$	*****	*****	*****	*****	*****
30% $\text{H}_2\text{O}_2$	*****	*****	*****	*****	*****
20% $\text{CH}_3\text{COOH}$	*	*	*	*	*



Tabulka 35 Vyhodnocení chemické odolnosti – hmota PREMIUM.

PREMIUM	Obsah plniva [% hmotnostní]				
	REF	30 slév. písek černý	30 NaSX	30 slévár. písek odprášený	35 vlaštovka
10% NaCl	*****	*****	*****	*****	*****
pivo	*****	*****	*****	*****	*****
destilovaná voda	*****	*****	*****	*****	*****
benzín	*****	*****	*****	*****	*****
40% NaOH	*****	*****	*****	*****	*****
40% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	*****	*****	*****	*****	*****
30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	*****	*****	*****	*****	*****
20% CH <sub>3</sub> COOH	**	**	**	**	**



**Obr. 31** Vzorky po vyjmutí z nádob s rozdílně agresivního uložení. Jmenovitě z leva: 10% NaCl, pivo, destilovaná voda, benzín, 40% NaOH, 40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 20% CH<sub>3</sub>COOH. Z obrázku je patrné, že k největšímu poškození došlo u vzorků vystavených 20% kyselině octové (CH<sub>3</sub>COOH).

Nejméně odolné byly vyvíjené hmoty vůči působení 20% CH<sub>3</sub>COOH. U hmoty ECONOMY došlo k tak silné degradaci, že nebylo možné vzorky vyjmout z květy a hmota tak získala v odolnosti pro toto prostředí nejhorší možné hodnocení (úplné porušení hmoty – trhliny, ztráta soudržnosti). Další z vyvíjených hmot, hmota PREMIUM obstála ve stejném prostředí pouze o úroveň lépe než hmota ECONOMY.

### 5.3. Etapa 3: Optimalizace a výběr nejlepších vzorků

#### 5.3.1. Optimalizace

Na výběr nejlepších vzorků byla aplikována optimalizace pomocí kvantitativního párového srovnání. Obě vyvíjené hmoty lze srovnávat současně, jelikož všechny receptury hmoty PREMIUM měly identické výsledky antibakteriální aktivity a tudíž by toto kritérium nemělo význam při výběru nejlepší hmoty s označením PREMIUM. Srovnávané hmoty jsou uvedeny v následující tabulce:

**Tabulka 36** Srovnávané hmoty.

Označení	Hmota
<b>A</b>	ECONOMY + 10 % slévárenský písek černý
<b>B</b>	ECONOMY + 20 % NaSX
<b>C</b>	ECONOMY + 30 % slévárenský písek odprášený
<b>D</b>	ECONOMY + 30 % vlaštovka
<b>E</b>	PREMIUM + 30 % slévárenský písek černý
<b>F</b>	PREMIUM + 30 % NaSX
<b>G</b>	PREMIUM + 30 % slévárenský písek odprášený
<b>H</b>	PREMIUM + 35 % vlaštovka

Tabulka 37 uvádí zvolená kritéria. Aby kritéria měla v systému optimalizace kvantitativního párového srovnání význam, bylo nutné vybrat pouze taková kritéria, u kterých hodnocené hmoty dosahovali rozdílných hodnot. Z tohoto důvodu nemohla být zařazena např. chemická odolnost, odolnost proti úderu nebo doba zpracovatelnosti.

**Tabulka 37** Výběr kritérií.

#	Kritérium	Jednotka
<b>1</b>	Dostupnost plniva	[km]
<b>2</b>	Přilnavost	[MPa]
<b>3</b>	Odolnost proti oděru	[g·m <sup>-2</sup> ]
<b>4</b>	Pevnost v tlaku	[MPa]
<b>5</b>	Pevnost v tahu za ohybu	[MPa]

Dostupnost plniva je údaj, který je proměnlivý v závislosti na situování výroby. Pro simulaci bylo zvoleno jako místo výroby Brno. Odpady z výroby skla pochází od firmy Kavalierglass, a.s., která sídlí v Sázavě – 174 km vzdálené od Brna, producenty odpadních slévárenské písků je společnost ZLH Plus, a.s., sídlící v Hronci – 379 km vzdálený od Brna. Přilnavost, odolnost proti oděru, pevnost v tlaku a tahu za ohybu patří k důležitým mechanickým vlastnostem, přičemž přilnavost a odolnost proti oděru jsou zároveň základní požadavky kladené na ochranné hmoty.



Hodnoty zvolených kritérií jsou zapsány v Tabulka 38, kde je taktéž uvedeno, zda je pro dané kritérium optimální minimální, nebo maximální hodnota.

**Tabulka 38** Rozhodovací matice

#	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H	MIN	MAX
1	MIN	379	174	379	174	379	174	379	174	174	379
2	MAX	2,07	4,34	1,76	4,76	2,11	4,24	2,16	2,30	1,76	4,76
3	MIN	68,66	79,00	73,83	87,50	37,16	53,00	39,33	36,66	36,66	87,50
4	MAX	73,8	72,1	69,2	97,5	83,6	73,3	79,5	72,7	69,2	97,5
5	MAX	32,6	47,0	47,7	47,7	24,2	17,6	25,7	21,8	17,6	47,7

Podstata optimalizace pomocí kvantitativního párového srovnání spočívá v číselném porovnání, kde maximální nadřazenost kritéria = 10, rovnost kritérií = 1 a minimální důležitost srovnávaného kritéria = 1/10. Provedené porovnání je uvedeno v následující tabulce:

**Tabulka 39** Výpočet váhy (Sattiho matice)

#	1	2	3	4	5	S <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>
1	1	4	3	6	6	432,0000000	3,3659	0,4911
2	1/4	1	1/2	3	3	1,1250000	1,0238	0,1494
3	1/3	2	1	4	4	10,6666667	1,6055	0,2343
4	1/6	1/3	1/4	1	2	0,0277778	0,4884	0,0713
5	1/6	1/3	1/4	1/2	1	0,0069444	0,3701	0,0540
<b>SUMA</b>						<b>443,8264</b>	<b>6,8537</b>	<b>1,0000</b>

Vzorce použité pro výpočet:

$$S_i = \prod_{j=1}^n S_{ij} \quad R_i = (S_i)^{\frac{1}{n}} \quad F_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

Výsledné hodnoty pro porovnávané hmoty jsou vypočítány a zapsány do Tabulka 40.

Vzorce použité pro výpočet minima a maxima:

$$MAX \rightarrow b_{ij} = \frac{a_{ij} - MIN(a_i)}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

$$MIN \rightarrow b_{ij} = \frac{MAX(a_i) - a_{ij}}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

**Tabulka 40** Výpočtová matice metody kvantitativního párového srovnání

#	F <sub>i</sub>	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H
1	0,4911	MIN	0,00	49,11	0,00	49,11	0,00	49,11	0,00	49,11
2	0,1494	MAX	1,54	12,85	0,00	14,94	1,74	12,35	1,99	2,69
3	0,2343	MIN	8,68	3,92	6,30	0,00	23,19	15,90	22,19	23,43
4	0,0713	MAX	1,16	0,73	0,00	7,13	3,63	1,03	2,59	0,88
5	0,0540	MAX	2,69	5,27	5,40	5,40	1,18	0,00	1,45	0,75
<b>SUMA</b>			14,07	71,88	11,70	<b>76,57</b>	29,75	<b>78,39</b>	28,23	76,86

#### 5.3.1.1. Vyhodnocení optimalizace

Na základě zvolených kritérií pro kvantitativní párové srovnání vychází jako nejlepší fyziologicky nezávadná hmota ECONOMY s plnivem vlašťovka + 30 %, nejlepší varianta pro antibakteriální hmotu PREMIUM vyšla receptura v odpadním sklem NaSX + 30 %. Avšak i zbývající hmoty s druhotným plnivem z odpadních skel dosahují srovnatelných hodnot. Největší vliv na výsledky mělo kritérium „dostupnost plniva“.

#### 5.3.2. Porovnání vyvinutých speciálních ochranných hmot pro hygienicky čisté provozy s jinými v současnosti využívanými v praxi

Vlastnosti výsledných nejlepších hmot obou kategorií (economy a premium) jsou porovnány s hmotami stejného typu používanými v praxi.

**Tabulka 41** Porovnání vlastností vyvinutých hmot s používanými v praxi.

Typ hmoty	Fyziologicky nezávadná						Antibakteriální					
Název hmoty	Sikagard – Wallcoat N	Sika Permacor 2807 HS-A	Lena N 125	MASTERTOP 1110	RELAFLOOR 10-371 2K EP	ECONOMY + 30 % vlašťovka	Sikagard – 203 W	Lena P 122 A	ACTIN H PREMIUM	Anti Bacterial Acrylic Eggshell	ETERNAL ANTIBAKTERIÁLNÍ	PREMIUM + 30 % NaSX
Složení <sup>1)</sup>	A+B	A+B	A+B	A+B	A+B	A+B	A	A+B	A	A	A	A+B
Pojivo <sup>2)</sup>	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	N/A	N/A	N/A	EP
Bezrozp. systém	N/A	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	N/A	Ano	N/A	N/A	N/A	Ano
Přidržitost [MPa]	>1,5	N/A	N/A	2	N/A	>4	>1,5	3	>0,25	N/A	N/A	>4
<sup>1)</sup> Jednokomponentní = A, dvoukomponentní = A+B (A – epoxidová pryskyřice, B – tvrdidlo). <sup>2)</sup> EP = epoxidová pryskyřice, N/A = neuvedeno.												

Jako většina používaných hmot v praxi i v této práci vyvíjené hmoty jsou dvoukomponentní, na bázi epoxidových pryskyřic a bezrozpuštědlové. Z dostupných informací ohledně přídržností je zřejmé, že vyvinuté hmoty dosahují nejvyšších hodnot (požadavek je minimálně 0,8 MPa, což až na jednu hmotu splňují všechny se zveřejněnými hodnotami), nutno dodat, že k porušení dochází v podkladu. Důležitá vlastnost pro popisované hmoty je odolnost vůči oděru za mokra. Bohužel v technických listech jsou uváděny hodnoty získané různými normovými postupy, tudíž nelze tyto veličiny porovnávat. Celkově vlastnosti (s ohledem na další zjištěné hodnoty) vyvinutých hmot lze hodnotit jako vhodné pro použití do zamýšlených prostředí.

## 6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vyvinout speciální ochranné hmoty na polymerní bázi využitelné pro hygienicky čisté provozy ve dvou kvalitativních úrovních (economy a premium). První z vyvíjených polymerních ochranných hmot je fyziologicky nezávadná – economy, vhodná např. pro vnitřní antikorozi a izolační ochranu kovových a betonových vodojemů, zásobníků na pivo, víno a poživatiny. Druhý, prémiový materiál je antibakteriální, vhodný především pro nátěr podlah nemocnic, kuchyní, sociálních zařízení, škol, školek atd. Dílčím cílem bylo prozkoumání možnosti využití některých typů speciálně upravených druhotných surovin a tím snížení výrobních nákladů uvedených hmot a zlepšení ekologických aspektů při výrobě. Těchto cílů bylo dosaženo postupně ve třech etapách, do kterých byla praktická část rozdělena.

Nejdříve byl proveden návrh receptur fyziologicky nezávadné hmoty (ECONOMY) a antibakteriální hmoty (PREMIUM). Na základě navržené metodiky zkoušení byl proveden aplikační test (nenormové ověření vlastností materiálů – zpracovatelnost, aplikovatelnost a hodnocení výsledného povrchu), jehož výsledky určily vhodné receptury pro další zkoušení vzorků v čerstvém a zpolymerizovaném stavu.

První sledovanou vlastností čerstvých hmot byla sedimentace. Navržené vzorky hmoty ECONOMY podléhaly sedimentaci v minimální míře. U navržených receptur hmoty PREMIUM dosáhla sedimentace po třicetidenním pozorování maximálních hodnot. Hodnoty hustot v čerstvém stavu zkoušených receptur se shodovaly s referenčními srovnávacími vzorky – použitá druhotná plniva neměla vliv. Další sledovanou vlastností byly hodnoty tloušťek mokřých filmů. Vzhledem k vyššímu dávkování na  $m^2$  a třem aplikovaným vrstvám (oproti dvěma u hmot ECONOMY) u hmot PREMIUM měly tyto vzorky větší tloušťky. Poslední údaj z vlastností navržených hmot v čerstvém stavu se týkal doby zpracovatelnosti, na kterou použitá druhotná plniva neměly vliv a časy byly shodné s referenční hmotou.

Na zkoušky čerstvém stavu navazovaly zkoušky vzorků ve zpolymerizovaném stavu, první sledovanou vlastností byla přilnavost, kde všechny zkoušené hmoty dosáhly minimální požadované hodnoty (0,8 MPa). Pevnosti v tahu za ohybu u hmot ECONOMY vykazovaly závislost nárůstu pevnosti při rostoucím množství plniva. U hmoty PREMIUM nebyla žádná závislost pozorována. Pevnosti v tlaku u obou hmot nebyly množstvím ani druhem plniva ovlivněny. Tloušťky suchého nátěru u obou zkoušených hmot odpovídají rozmezí deklarovanému výrobcem referenční hmoty. Výsledky zkoušky tvrdosti byly ovlivněny modulem pružnosti a visko-elastickými vlastnostmi materiálu, z tohoto důvodu lze přiřadit nižší hodnoty modulu pružnosti hmotě PREMIUM. Poslední fází zkoušení byly doplňkové zkoušky, kam byla zařazena

odolnost proti úderu a oděru, antibakteriální aktivita a chemická odolnost. Hmota PREMIUM je pružnější než hmota ECONOMY a vykazuje větší odolnost proti úderu. Z provedené zkoušky odolnosti proti oděru za mokra je zřejmé, že použité množství a druh plniv nemá na oděr negativní vliv. Antibakteriální vlastnosti hmoty PREMIUM zůstaly při použití druhotných plniv zachovány. Taktéž chemická odolnost vyvíjených hmot byla identická s referenčními srovnávacími hmotami.

Na základě zvolených kritérií pro kvantitativní párové srovnání vychází jako nejlepší fyziologicky nezávadná hmota ECONOMY s 30 % odpadního skla vlaštovka. Jako nejlepší varianta antibakteriální hmoty PREMIUM vyšla receptura s 30 % odpadního skla NaSX. Avšak i zbývající hmoty s druhotným plnivem z odpadních skel dosahují srovnatelných hodnot.

Hlavní cíl této diplomové práce vyvinout speciální ochranné hmoty na polymerní bázi využitelné pro hygienicky čisté provozy ve dvou kvalitativních úrovních (economy a premium) byl splněn. Zakomponováním druhotných surovin do polymerní matrice bylo dosaženo také dalšího cíle a to využití druhotných surovin, které snižují výrobní náklady a zlepšují v současnosti stále více zohledňované ekologické aspekty při výrobě. Použití druhotných surovin při vývoji ochranných hmot nemělo negativní vliv na výsledné fyzikálně-mechanické vlastnosti, fyziologickou nezávadnost a chemickou odolnost a ani antibakteriální aktivitu. Celkově lze vlastnosti nově vyvinutých ochranných hmot na základě porovnání s jinými v praxi v současnosti používanými hmotami hodnotit jako vhodné pro použití do zamýšlených prostředí.

## 7. SEZNAMY

### 7.1. Seznam použitých zdrojů

- [1] Seják, František. *Systémy speciálních správkových hmot pro hygienicky čisté průmyslové provozy*. Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2015. Bakalářská práce.
- [2] Lindařík, M. a kolektiv. *Epoxidové pryskyřice*. Praha : SNTL, 1983.
- [3] Vyhnánková, Michaela. *Lena Chemical*. [Online] 10. 2010. [Citace: 20. 3. 2015.] [http://lenachemical.com/soubory/files/podlahy\\_a\\_interi%C3%A9ry\\_11-12\\_201...pdf](http://lenachemical.com/soubory/files/podlahy_a_interi%C3%A9ry_11-12_201...pdf).
- [4] CHEJN. Směsi křemičitých písků. [Online] [http://www.chejn.cz/pdf/2\\_isg.pdf](http://www.chejn.cz/pdf/2_isg.pdf).
- [5] Glassflake. [Online] <http://www.glassflake.com/pages/applications/by-industry/coatings>.
- [6] Vyhnánková, Michaela. *Testování účinnosti antibakteriálních přípravků na bázi Ag pro aplikace v polyuretanových a epoxidových systémech*. Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2008. Diplomová práce.
- [7] Lansdown, Alan B. G. *Silver in health care: Antimicrobial effect and safety data use. Current problems in dermatology*. 2006. stránky 17-34. ISSN 0070-2064.
- [8] Santhosh S. M., Kandasamy Natarajan. *Antibiofilm Activity of Epoxy/Ag-TiO<sub>2</sub> Polymer Nanocomposite*. 2015. ISSN 2079-6412.
- [9] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1935/2004. Štrasburk, 2004.
- [10] Centers for Disease Control and Prevention. CDC Centers for Disease Control and Prevention. [Online] 1. Prosinec 2014. [Citace: 12. Únor 2016.] <http://www.cdc.gov/ecoli/general/index.html>.
- [11] Wikipedia. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 15. Leden 2016. [Citace: 15. Březen 2015.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Escherichia>.
- [12] flickr. [Online] 19. Březen 2014. [Citace: 22. Březen 2016.] <https://www.flickr.com/photos/niaid/13743456084>.
- [13] Wikipedia. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 6. Březen 2016. [Citace: 15. Březen 2016.] [https://en.wikipedia.org/wiki/Methicillin-resistant\\_Staphylococcus\\_aureus](https://en.wikipedia.org/wiki/Methicillin-resistant_Staphylococcus_aureus).

- [14] Jančár, Josef. *Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2003.
- [15] SPOLCHEMIE. Epoxidy. [Online]  
<http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/EPOXIDY.pdf>.
- [16] Drochytka, R. *Plastické látky*. [Studijní opory VUT FAST THD] 2007.
- [17] Fan-Long Jin, Xiang Li, Soo-Jin Park. *Synthesis and application of epoxy resins*. [www.sciencedirect.com] Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015.
- [18] *Sborník příspěvků 34. mezinárodní konference o nátěrových hmotách*. Hochmannová, Libuše. Univerzita Pardubice, Ústav polymerních materiálů, Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků., 2003. stránky 233-241.
- [19] Sika. Podlahy Sikafloor. [Online]  
<http://cze.sika.com/cs/system/search.html?q=sikagard+183+CR>.
- [20] Lena Chemical. Technologie syntetické podlahy. [www.lenachemical.com](http://www.lenachemical.com). [Online]  
 [Citace: 12. Únor 2016.]  
[http://lenachemical.com/soubory/files/technologie\\_syntetick%C3%A9\\_podlahy\\_.pdf](http://lenachemical.com/soubory/files/technologie_syntetick%C3%A9_podlahy_.pdf).
- [21] HODNÁ, J., a další. Výzkumná zpráva projektu TAČR TA 04010425. Výzkumná zpráva č. 01/2015 - Metodika a postupy zkoušení. Brno, 2015.
- [22] ČSN EN ISO 2811-1. *Nátěrové hmoty - Stanovení hustoty - Část 1: Pyknometrická metoda*. Září 2011.
- [23] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*. Český normalizační institut, Únor 2007.
- [24] ČSN EN ISO 9514. *Nátěrové hmoty - Stanovení doby zpracovatelnosti kapalných systémů - Příprava a kondicionování vzorků a směrnice pro zkoušení*. Prosinec 2005.
- [25] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty - Odtrhová zkouška přilnavosti*. Český normalizační institut, Prosinec 2003.
- [26] ČSN EN 13892-2. *Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku*. Český normalizační institut, Listopad 2003.
- [27] ČSN EN ISO 868. *Plasty a ebonit - Stanovení vtlačováním hrotu tvrdoměru (tvrdost Shore)*. Český normalizační institut, Říjen 2003.
- [28] ČSN EN ISO 627-2. *Nátěrové hmoty - Zkoušky rychlou deformací (odolnost proti úderu) - Část 2: Zkouška padajícím závažím, malá plocha úderníku*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Únor 2012.

[29] ČSN EN ISO 11998. *Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti nátěrů proti oděru za mokra a stanovení čistitelnosti*. Český normalizační institut, Březen 2007.

[30] EN ISO 20645. *Plošné tetilie - Zjišťování antibakteriální aktivity - Zkouška šíření agarovou destičkou*. Český normalizační institut, Červen 2005.

## 7.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled vybraných používaných ochranných polymerních hmot.....	20
Tabulka 2 Výroba epoxidových pryskyřic v úseku Episol. [15] .....	28
Tabulka 3 Systém hodnocení aplikovatelnosti materiálu [21].....	35
Tabulka 4 Systém hodnocení pro výsledný povrch materiálu [21] .....	36
Tabulka 5 Systém hodnocení sedimentace [21] .....	36
Tabulka 6 Systém hodnocení účinnosti antibakteriálních materiálů [30] .....	40
Tabulka 7 Systém hodnocení chemické odolnosti [21] .....	41
Tabulka 8 Chemické složení použitých pojiv. ....	48
Tabulka 9 Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti čistého, odprášeného slévárenského písku .....	49
Tabulka 10 Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti černého slévárenského písku .....	51
Tabulka 11 Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti odpadního skla NaSX.....	53
Tabulka 12 Obecné informace, požadavky na předúpravu a vlastnosti plniva s označením vlastovka .....	54
Tabulka 13 Navržené receptury hmoty ECONOMY pro aplikační test.....	57
Tabulka 14 Navržené receptury hmoty PREMIUM pro aplikační test .....	57
Tabulka 15 Vyhodnocení zpracovatelnosti navržených receptur hmoty ECONOMY. ....	58
Tabulka 16 Vyhodnocení zpracovatelnosti navržených receptur hmoty PREMIUM. ....	59
Tabulka 17 Systém hodnocení aplikovatelnosti materiálu [21].....	59
Tabulka 18 Vyhodnocení aplikovatelnosti navržených receptur pro hmotu ECONOMY	61
Tabulka 19 Vyhodnocení aplikovatelnosti navržených receptur pro hmotu PREMIUM.	61
Tabulka 20 Systém hodnocení pro výsledný povrch materiálu. [21] .....	61
Tabulka 21 Vyhodnocení výsledného povrchu hmoty ECONOMY. ....	62
Tabulka 22 Vyhodnocení výsledného povrchu hmoty PREMIUM. ....	62
Tabulka 23 Hodnocení sedimentace hmoty ECONOMY. ....	63
Tabulka 24 Hodnocení sedimentace hmoty PREMIUM .....	64
Tabulka 25 Hodnoty hustot čerstvých směsí. ....	65
Tabulka 26 Hodnoty tloušťek mokrého filmu. ....	66
Tabulka 27 Hodnoty přilnavosti zjištěné pomocí odtrhoměru DYNA PROCEQ. ....	68
Tabulka 28 Hodnoty tloušťek suchých nátěrů. ....	73



Tabulka 29 Hodnoty tvrdostí, měřeno metodou Shore D. ....	74
Tabulka 30 Hodnoty odolností proti úderu. ....	75
Tabulka 31 Hodnoty odolností proti oděru. ....	76
Tabulka 32 Výsledky antibakteriální aktivita hmoty PREMIUM. ....	77
Tabulka 33 Systém hodnocení chemické odolnosti [21] .....	78
Tabulka 34 Vyhodnocení chemické odolnosti – hmota ECONOMY. ....	78
Tabulka 35 Vyhodnocení chemické odolnosti – hmota PREMIUM. ....	79
Tabulka 36 Srovnávané hmoty. ....	80
Tabulka 37 Výběr kritérií. ....	80
Tabulka 38 Rozhodovací matice .....	81
Tabulka 39 Výpočet váhy (Sattiho matice) .....	81
Tabulka 40 Výpočtová matice metody kvantitativního párového srovnání .....	82
Tabulka 41 Porovnání vlastností vyvinutých hmot s používanými v praxi. ....	82

### 7.3. Seznam grafů

Graf 1 Distribuce velikosti částic čistého odprášeného slévárenského písku po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000. ....	50
Graf 2 Distribuce velikosti částic černého slévárenského písku po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000. ....	52
Graf 3 Distribuce velikosti částic plniva NaSX po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000.....	54
Graf 4 Distribuce velikosti částic plniva s označením vlaštovka po pomletí a přesítí přes síto o velikosti oka 0,063 mm, měřeno laserovou difrakcí pomocí přístroje MASTERSIZE 2000 .....	55
Graf 5 Pevnosti v tahu za ohybu referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty ECONOMY po 7 dnech. ....	69
Graf 6 Pevnosti v tahu za ohybu referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty PREMIUM po 7 dnech. ....	70
Graf 7 Pevnosti v tlaku referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty ECONOMY po 7 dnech. ....	71
Graf 8 Pevnosti v tlaku referenční srovnávací směsi a testovaných směsí hmoty PREMIUM po 7 dnech. ....	72

### 7.4. Seznam obrázků

Obr. 1 Schématické zobrazení bránění prostupu vlhkosti. [5] .....	21
---	----

Obr. 2 Snímek bakterií <i>escherichia coli</i> pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM), zvětšeno 10 000 krát. [11]	25
Obr. 3 Snímek bakterií <i>Klebsiella pneumoniae</i> pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM). [12]	25
Obr. 4 Snímek bakterií <i>staphylococcus aureus</i> pořízený rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM). [13]	26
Obr. 5 Strukturní vzorec oxiranové skupiny.	26
Obr. 6 Reakce dianu (bisfenolu A) s epichlorhydrinem.	27
Obr. 7 Měřicí hřeben.	37
Obr. 8 Návrh receptur pro přípravu fyziologicky nezávadné hmoty ECONOMY.	47
Obr. 9 Návrh receptur pro přípravu antibakteriální hmoty PREMIUM.	47
Obr. 10 Slévárenský písek čistý, odprášený (frakce < 0,063 mm).	49
Obr. 11 Slévárenský písek černý (frakce < 0,063 mm).	51
Obr. 12 Odpadní sklo NaSX (frakce < 0,063 mm).	52
Obr. 13 Odpadní sklo Vlaštovka (frakce < 0,063 mm).	54
Obr. 14 Cementotřísková deska 30 x 30 cm s nanesenou vaznou hmotou Lena P 102.	58
Obr. 15 Směs s obsahem plniva 50 %, (NaSX). Nevyhovující dle systému hodnocení aplikovatelnosti. Červeně označen detail viz Obr. 16.	60
Obr. 16 Detail směsi s obsahem plniva 50 % NaSX, materiál nevyplňuje vymezený prostor, zůstávají stopy po zubové stěrce – nedochází k rovnoměrnému slnutí povrchu.	60
Obr. 17 Směs s obsahem plniva 20 %, (slévárenský písek čistý odprášený). Vyhovující dle systému hodnocení aplikovatelnosti.	60
Obr. 18 Vývoj sedimentace u hmoty ECONOMY. Fotografie pořízeny (zleva) v den připravení vzorků, po 30 a po 120 dnech. Vzorky zleva: referenční srovnávací směs, pojiva bez přidaného plniva, 10 % slévárenský písek černý, 20 % NaSX, 30 % slévárenský písek čistý, odprášený a 30 % vlaštovka.	64
Obr. 19 Vývoj sedimentace u hmoty PREMIUM. Fotografie pořízeny (zleva) v den připravení vzorků, po 30 a po 120 dnech. Vzorky zleva: referenční srovnávací směs, pojiva bez přidaného plniva, 30 % NaSX, 30 % slévárenský písek čistý, odprášený, 30 % slévárenský písek černý a 35 % vlaštovka.	65
Obr. 20 Stanovení tloušťky mokrého filmu pomocí měřicího hřebene.	66
Obr. 21 V levé části přístroj Elcometer 506, uprostřed obrázku jsou nalepené a obřezané terče pro zkoušku přidržitosti přístrojem DYNA PROCEQ, vpravo odtržené terče (porušení v podkladním betonu).	67
Obr. 22 U vzorků hmoty ECONOMY došlo během zkoušky pevnosti v tahu za ohybu ke křehkému lomu.	68
Obr. 23 Vzorek hmoty PREMIUM během zkoušky pevnosti v tahu za ohybu.	70

Obr. 24 Referenční srovnávací vzorek hmoty <i>ECONOMY</i> během zkoušky pevnosti v tlaku. ....	71
Obr. 25 Referenční srovnávací vzorek hmoty <i>PREMIUM</i> během zkoušky pevnosti v tlaku. ....	72
Obr. 26 Přístroj Elcometer 121/4 Standard & Top Paint Inspection Gauges (P. I. G.) pro měření tloušťky suchého nátěru (vlevo poloha měřicího zařízení při provádění řezu, vpravo měření tloušťky nátěru). ....	73
Obr. 27 Měření tvrdosti pomocí tvrdoměru <i>DUROMETER SHORE D</i> . ....	74
Obr. 28 Zkušební zařízení pro zjištění odolnosti proti úderu. ....	75
Obr. 29 Poškození povrchů vyvíjených hmot pořízené optickým mikroskopem (vykreslena hodnota 1000 $\mu\text{m}$ ). ....	76
Obr. 30 Vzorky uložené do uzavíratelných kyvet v rozdílně agresivních kapalných prostředích. ....	78
Obr. 31 Vzorky po vyjmutí z nádob s rozdílně agresivního uložení. Jmenovitě z leva: 10% NaCl, pivo, destilovaná voda, benzín, 40% NaOH, 40% $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 30% $\text{H}_2\text{O}_2$ a 20% $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Z obrázku je patrné, že k největšímu poškození došlo u vzorků vystavených 20% kyselině octové ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). ....	79